

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Министерство образования Нижегородской области  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

## **БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ**

---

*Тезисы докладов  
IX Международной молодежной  
научно-технической конференции*

---

*Нижний Новгород, 21 мая 2010 г.*

**УДК 62**  
**ББК 30**  
**Б 903**

**Будущее технической науки:** тез. докл. IX Междунар. молодеж. научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2010. – 483 с.

В тезисах докладов излагаются актуальные вопросы развития научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ в различных отраслях промышленности, а также проблемы развития науки и высоких технологий на современном этапе. Рассматриваются вопросы транспорта, машиностроения, материаловедения, электро- и ядерной энергетики, химии и химических технологий, радиоэлектроники и информационных технологий, социально-экономических проблем.

### **РЕДАКЦИОННАЯ КОМИССИЯ:**

**А.Б. Лоскутов (председатель), В.В. Беляков, В.П. Хранилов, Е.Н. Соснина, Е.В. Бычков, И.Л. Лаптев, Е.М. Грамузов, Т.М. Колосова, В.К. Майстренко, А.Г. Мелузов, В.А. Козырин, С.Г. Сажин, В.И. Поздяев, Е.А. Зайцева, И.А. Савченко, А.Н. Зайцев, Д.А. Корнилов, О.М. Власова, Е.В. Колотилин, Т.В. Крылова, Н.А. Мурашова, О.В. Пугина, К.Я. Лелиовский**

**ISBN 978-5-93272-760-7**

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2010



Оргкомитет IX Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки России» приветствует всех ее участников в стенах Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева.

Наша конференция, созданная с целью содействия творческой и профессиональной деятельности молодых ученых, создает уникальные условия для практического осуществления программ подготовки и закрепления молодых научно-технических кадров, является реальным средством поддержки и реализации их инициатив. Именно на сохранении и развитии кадрового потенциала молодых ученых в настоящее время необходимо сосредоточить значительные усилия. Личность молодого, нестандартно мыслящего ученого, опирающегося на фундаментальные теоретические знания, движет мир к техническому совершенству. Опираясь на научные знания и преемственность поколений, формируются высококвалифицированные научно-технические кадры, столь необходимые для развития промышленности и экономики России.

В рамках конференции будет проходить отбор участников программы «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК»), организуемой Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере при поддержке Роснауки и Рособразования. В целях выявления и содействия молодежи, стремящейся реализовать себя через инновационную деятельность, данная программа стимулирует массовое участие молодежи в научно-технической и инновационной деятельности путем организационной и финансовой поддержки инновационных проектов.

Развитие научных идей, систематизация практического материала и интеграция молодых ученых из различных научных центров и промышленных предприятий страны невозможны без обмена опытом. Мы надеемся, что нынешняя конференция станет одним из этапов, способствующих объединению и творческому развитию научно-технической молодежи России, позволит расширить научный кругозор каждого участника, поможет проникнуться духом научного открытия и в будущем занять достойное место среди именитых научных деятелей.

Оргкомитет

## Конкурс «УМНИК»

Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям и Федерального агентства по образованию в целях содействия молодежи, стремящейся самореализоваться через инновационную деятельность, объявляет **программу «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («У.М.Н.И.К.»)** на 2007–2010 годы.

**Цель программы:** выявление молодежи, стремящейся самореализоваться через инновационную деятельность и стимулирование массового участия молодежи в научно-технической и инновационной деятельности путем организационной и финансовой поддержки инновационных молодежных проектов.

На IX Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки» проводится конкурс «УМНИК» в рамках работы секции «Коммерциализация инновационных проектов», которая **состоится 21 мая 2010 г. в НГТУ, корпус 1, аудитория 1258.**

Оргкомитет конференции определил следующий состав жюри:

Председатель д.т.н., профессор Лоскутов А.Б.

Сопредседатель представитель Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере

Члены жюри:

д.т.н., профессор **В.В. Беляков;**

д.т.н., профессор **В.Р. Милов;**

д.х.н., профессор **В.М. Воротынцев;**

д.т.н., профессор **В.Л. Химич;**

д.т.н., профессор **О.С. Кошелев.**

**Процедура отбора участников:**

- на первом этапе отбор участников конкурса «УМНИК» осуществлялся членами жюри по тезисам докладов, представленных на конкурс;
- на втором этапе отобранные жюри тезисы будут представлены на секции «Коммерциализация инновационных проектов». По результатам докладов участников данной секции жюри с привлечением экспертов программы объявляет победителей конкурса «УМНИК».

Основной критерий отбора в ходе работы секции «Коммерциализация инновационных проектов» молодых (до 28 лет включительно) участников-победителей в **номинации «За научные результаты, обладающие существенной новизной и среднесрочной (до 5–7 лет) перспективой их эффективной коммерциализации»** – коммерческая реализация проекта в течении 5–7 лет.

Победители 2010 года могут найти свои имена на сайте [www.faise.ru](http://www.faise.ru).

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Радиоэлектроника и информационные технологии.</b> . . . . .	6
1.1. Радиоэлектронные системы и устройства . . . . .	6
1.2. Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры. . . . .	8
1.3. Телекоммуникации. . . . .	9
1.4. Информационные технологии. . . . .	24
1.5. Техническая кибернетика. . . . .	50
<b>2. Электроэнергетика.</b> . . . . .	58
2.1. Автоматизация систем электрооборудования. . . . .	58
2.2. Эффективность систем электроэнергетики и экономии электрической энергии. . . . .	67
2.3. Преобразователи параметров электрической энергии. . . . .	80
<b>3. Машиностроение.</b> . . . . .	87
<b>4. Наземные транспортные средства и транспортно-технологические комплексы</b> . . . . .	107
4.1. Конструирование наземных транспортных средств. . . . .	107
4.2. Эксплуатация наземных транспортных средств. . . . .	153
4.3. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания . . . . .	188
4.4. Строительные и дорожные машины. . . . .	193
<b>5. Морская, авиационная техника и кораблестроение.</b> . . . . .	207
<b>6. Материаловедение, наноматериалы и нанотехнологии</b> . . . . .	239
<b>7. Физика ядерных и волновых процессов, технологии установок</b> . . . . .	255
7.1. Ядерная энергетика. . . . .	255
7.2. Физика волновых процессов. . . . .	282
<b>8. Медицинская инженерия.</b> . . . . .	295
<b>9. Химия и химические нанотехнологии.</b> . . . . .	297
<b>10. Приборостроение и автоматизация технологических процессов.</b> . . . . .	335
<b>11. Экономика и социология.</b> . . . . .	372
11.1. Экономика, менеджмент и инновации. . . . .	372
11.2. Социология и история. . . . .	406
11.3. Философия и технознание. . . . .	415
<b>12. Научное общество учащихся.</b> . . . . .	422
<b>13. Коммерциализация инновационных проектов.</b> . . . . .	430
<b>14. Круглый стол «Вклад молодых ученых и специалистов в развитие научно-технического потенциала организации»</b> . . . . .	436
<b>15. Математическое моделирование геофизических процессов.</b> . . . . .	455
<b>16. Разработка инновационных технологий и методов управления наземными транспортными средствами, повышения их энергоэффективности и безопасности.</b> . . . . .	464
<b>Алфавитный указатель.</b> . . . . .	475

УДК 53.088

И. Г. БЕЛКОВ

#### АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СВЧ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инструментальный анализ СВЧ цепей – сложная многоэтапная процедура косвенных измерений и цифровой обработки данных, используемая для восстановления параметров анализируемого объекта. Современные вычислительные средства позволяют проводить комплексную цифровую обработку данных, выполняя достаточно сложные многоэтапные измерительные процедуры в сочетании с оптимальной цифровой обработкой информации. Такой подход может рассматриваться как единый измерительно-вычислительный процесс (ИВП).

Любой ИВП, реализующий косвенные измерения, характеризуется трансформацией погрешностей прямых измерений, выполняемых на всех этапах, в погрешность конечного результата. В данной работе выполняется анализ погрешностей измерения на основании математических моделей этапов ИВП и статистической оценке результатов.

Специфика задачи состоит в том, что при косвенных измерениях вектор определяемых величин  $[Y]$  неявно связан с вектором результатов измерений  $[X]$  и вектором параметров  $[A]$  объектов, участвующих в процессе измерения:

$$f(Y, X, A) = \Delta_n, \quad n = \overline{1, N},$$

где  $[\Delta_n]$  - вектор невязок для избыточных циклов измерений.

В качестве примера рассматривается двухэтапный процесс измерения волновых параметров рассеяния пассивных электронных компонентов на СВЧ. В данном случае задача ИВП состоит в исключении влияния контактного устройства на измеряемые параметры рассеяния. На первом этапе, калибровке, находится ковариационная матрица  $\Lambda_Y^{(1)}$ , характеризующая погрешность определения параметров  $[Y]$  контактного устройства. Ковариационные матрицы  $\Lambda_X^{(1)}$  и  $\Lambda_A^{(1)}$  характеризуют погрешности измерения волновых параметров рассеяния контактного устройства с калибровочными мерами и погрешность параметров этих мер соответственно. На этапе измерения волновых параметров рассеяния электронных компонентов матрица  $\Lambda_Y^{(1)}$  трансформируется в  $\Lambda_A^{(2)}$ . Ковариационная матрица  $\Lambda_Y^{(2)}$  позволяет определить погрешность измерения волновых параметров рассеяния объекта анализа.

## РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ С УЧЕТОМ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ШАРОМ ПРИ ПОМОЩИ ОБОБЩЕННЫХ МАТРИЦ РАССЕЙНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Решена важная для практики задача анализа взаимодействия рамочной антенны с шаром из диэлектрика, так как антенны беспроводных компьютерных сетей обычно располагаются вблизи диэлектрических объектов. Полагалось, что рамочная антенна подключается к источнику кабелем с волновым сопротивлением  $W = 75$  Ом. Диэлектрический шар радиусом  $R_s$  рассматривался как рассеиватель. Радиус рамки  $r$  подобран так, чтобы наблюдался резонанс на частоте  $f = 0,5$  ГГц входного сигнала. Расстояние  $R$  между рамочной антенной и шаром, а также диэлектрическая проницаемость шара  $\epsilon$  изменялись; вход рамки находился на оси, параллельной оси  $x$ ; плоскость рамки располагалась параллельно плоскости  $xoy$ ; центры шара и рамки располагались на оси  $z$ .

На первом этапе рассчитывалась матрица рассеяния рамочной антенны. При этом рассматривалось возбуждение рамки волной фидера единичной амплитуды и полем сферической гармоники. Через матрицу взаимных импедансов рассчитывались токи рамки. Через токи находились амплитуды сферических гармоник и элементы матрицы рассеяния рамочной антенны. Используя граничное условие равенства тангенциальных компонент электромагнитного поля на поверхности диэлектрического шара для Е-волн и Н-волн, рассчитана обобщенная матрица рассеяния диэлектрического шара. Затем найдены элементы обобщенной матрицы рассеяния системы рамка – диэлектрический шар по известным обобщенным матрицам рассеяния отдельных элементов системы. Через элементы обобщенной матрицы рассеяния рассматриваемой системы получены ее диаграммы направленности.

Построены диаграммы направленности системы рамка – шар при различных расстояниях между ними и для разных значений диэлектрической проницаемости. Для каждого значения  $R$  приведены диаграммы в вертикальной и в горизонтальной плоскости. Диаграмма направленности системы на низких частотах при малой сфере – это диаграмма направленности магнитного диполя (рис. 1). По  $E_\phi$  – круговая в горизонтальной плоскости (рис. 1, а) и меняется по  $\sin \theta$  в вертикальной плоскости (рис. 1, б).

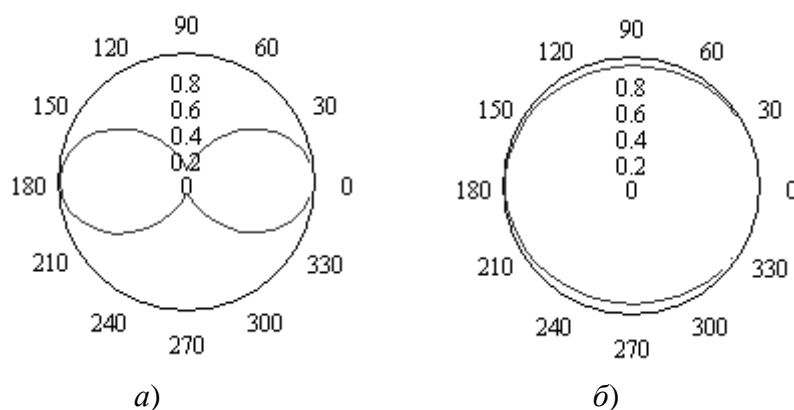


Рис. 1. Диаграмма направленности системы рамка – шар при  $R=2.5\lambda$ ,  $\epsilon = 10$



---

---

# Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры

---

---

УДК 621.357.7

А.В. ХМЕЛЕВ, Е.А. ФЕДОРОВА

### **ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ**

Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексева

О преимуществах реверсирования тока было сказано в 1953 году в монографии Лайнера В. И. и Кудрявцева Н. Т. «Основы гальваностегии». Но практическое использование реверса тока нашло в создании мелкокристаллических структур: при реверсировании тока прекращался процесс роста кристаллов и при прямом токе возобновлялся вновь. Данное направление позволяет «чисто электрическим путем», то есть изменением только формы и параметров рабочего тока, управлять электродными процессами и тем самым воздействовать на скорость осаждения, структуру и физико-механические свойства осадков.

В заводской гальванотехнической практике пока что наблюдается весьма осторожное использование импульсных режимов электролиза, что ограничивает накопление фактического материала, отражающего их достоинства и возможности. В основном руководствуются существующими рецептами для нанесения покрытий постоянным током. В этом плане ближайшей задачей для технологов гальванических производств должно быть твердое уяснение того факта, что, как правило, импульсные технологии более эффективны, чем стационарный электролиз.

Во-первых, электролиз может вестись при рабочих плотностях тока, которые выше, чем при стационарном режиме, что увеличивает производительность гальванической линии на 50–70% без потери качества и уменьшает энергетические затраты соответственно.

Во-вторых, происходит улучшение основных функциональных характеристик покрытия (микротвердость, пластичность, предел прочности). Во всех проведенных экспериментах, результаты полученные на импульсном реверсном токе оказались выше, чем при постоянном. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что использование импульсных реверсных токов благоприятно влияет на физико-механические свойства (микротвердость, предел прочности и пластичность) электролитической меди.

И в-третьих, уменьшение диаметров отверстий печатных плат обострило решение проблемы получения равномерных гальванических покрытий на поверхности и в отверстиях плат. Использование импульсного реверсного электролиза дает возможность получения равномерного покрытия внутри отверстия, в том числе в отверстиях диаметром менее 0,1 мм.

УДК 004.725.5

М.Н. ЕВТЕЕВА

### СИСТЕМА АНАЛИЗА ТАБЛИЦ МАРШРУТИЗАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача анализа распределения трафика внутри сети оператора связи при его взаимодействии с соседними сетями, несмотря на ее важность, обычно реализуется на низком уровне ввиду больших объемов трафика и сложности самой задачи. В результате отсутствие этой информации приводит к построению неоптимальной топологии сети, перегрузке ее элементов, а также нерациональной внешней пиринговой политике и неэффективному расходованию средств.

На основе анализа различных методов сбора информации о распределении трафика внутри сетей передачи данных операторов связи было выявлено, что наиболее эффективным подходом является применение комплексов для сбора информации на основании данных протоколов маршрутизации.

Для исследования возможности получения информации об изменениях происходящих в сетях передачи данных, и последующей их обработке на базе оборудования оператора связи ОАО «ВолгаТелеком» подготовлена модель сбора данных протоколов маршрутизации. Для этого на базе серверной платформы под управлением ОС Linux разработан программно-аппаратный комплекс, который позволяет получать информацию о реальных маршрутах, по которым маршрутизаторы передают IP-трафик. Комплекс программных средств осуществляет пассивный просмотр трафика. Данные с маршрутизаторов автономной системы с заданной периодичностью собираются подсистемой сбора информации о маршрутизации.

Эта подсистема основана на свободно распространяемой утилите RANCID (Really Awesome New Cisco config Differ), предназначенной для управления конфигурированием систем и доступной для ОС Linux и Unix, которая способна обслуживать маршрутизаторы и коммутаторы самых разных производителей. RANCID автоматически загружает таблицы маршрутизации с сетевых устройств и сравнивает их с предыдущими версиями. В результате предоставляется возможность отслеживать любые изменения и возникающие проблемы. Модуль записи маршрутов написан на языке Perl и автоматически запускается из RANCID для последующего хранения собранных данных.

Маршрутизирующие подсистемы, как правило, используют протоколы OSPF (Open Shortest Path First), IS-IS (Intermediate System-to-Intermediate System) и BGP (Border Gateway Protocol) для поддержки соединения между любыми двумя маршрутизаторами. Созданный механизм позволяет перехватывать и записывать результат взаимодействия между маршрутизирующими подсистемами любых двух маршрутизаторов. Маршрутизаторы периодически взаимодействуют друг с другом, чтобы подтвердить свою готовность и сообщить о своем состоянии. Эта информация собирается, накапливается и доставляется сетевому оператору.

Созданный инструментарий предоставляет детальную информацию об имеющихся маршрутах. По полученным данным можно отслеживать аномальные изменения в маршрутной информации между соседями либо изменение пути прохождения маршрутов. Зная причины узких мест и неустойчивой синхронизации, предприятие может быстрее реагировать на аварийные ситуации в сети передачи данных. Маршрутная аналитика приобретает особую

актуальность на фоне тенденции к сервис-ориентированному подходу к управлению сетями, когда нарушение оговоренного уровня сервиса вызывает штрафные санкции. Отслеживание изменений маршрутной информации помогает оператору выполнить соглашения об уровне обслуживания, что позволяет предоставлять качественный сервис, а также своевременно проводить реорганизацию сети, чтобы увеличить ее производительность.

УДК 004.3

А.В. СЕМАШКО, Т.И. БАЛАШОВА, Н.А. АЛИПОВА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ АНАЛИЗА ТЕКСТОВ РУССКОГО ЯЗЫКА С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПОЯВЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ БУКВ И ИХ СОЧЕТАНИЙ**

Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева

Задаче компьютерного анализа текста на естественном языке посвящено множество теоретических и практических работ. Доступные сегодня вычислительные мощности позволили применить широкий класс математических методов анализа неструктурированных данных для обработки больших массивов документов.

Далеко не все производители систем распознавания раскрывают особенности внутренней реализации своих систем, но, тем не менее, можно сказать, что одними из самых популярных систем распознавания на сегодняшний день являются системы, использующие теорию скрытого марковского моделирования (СММ). Помимо них в системах распознавания также используются нейронные сети и методы динамического программирования. В настоящее время известно немалое число систем распознавания, построенных с использованием аппарата СММ. Использование СММ является на сегодняшний день наиболее популярным и успешно применяемым подходом к проблеме распознавания.

А.А. Марковым систематически исследовался вопрос о зависимости букв алфавита в открытом тексте от предыдущих букв. Он доказал, что появления букв в открытом тексте нельзя считать независимыми друг от друга. Вероятность появления отдельных букв, а также их порядок в словах и фразах естественного языка подчиняются определенным статистическим закономерностям.

Характеристиками текстов являются такие характеристики, как повторяемость букв, пар букв (биграмм) и вообще  $m$ -ок ( $m$ -грамм), сочетаемость букв друг с другом, чередование гласных и согласных, морфологические, синтаксические, семантические характеристики и др. Эти характеристики используются в криптоанализе, распознавании, установлении авторства и изучаются на основе эмпирических наблюдений текстов достаточно большой длины.

Использование грамматической информации в решении задачи определения действительного автора текста является достаточно эффективным. При этом использование такой простой единицы, как пара подряд идущих в тексте букв, дает более точные результаты, чем использование таких языковых категорий, как одиночные грамматические классы слов и их пары. В буквенных парных структурах в преобразованном и неполном виде отображаются полные структуры морфем словоформ - префиксальные, корневые, суффиксальные и флективные. Большой объем словоизменительной и словообразовательной информации о структуре русских слов отображается в статистике парной встречаемости букв, что и определяет довольно высокий уровень эффективности использования этой статистики для определения авторства текста.

Существуют и давно применяются оптимизированные методы обучения СММ (например, метод Баума-Велча или EM-метод), но они не свободны от недостатков, важнейшие среди которых - это сильная зависимость от начальных условий, порождающая задачу нахождения стартовых параметров СММ, и неспособность найти глобальный экстремум, ес-

ли локальный экстремум оказывается ближе. Однозначно лучшего метода обучения СММ не известно, и для решения этой задачи могут применяться различные подходы. Одним из таких потенциально интересных методов обучения являются генетические алгоритмы. Генетические алгоритмы, относящиеся к концепции эволюционных вычислений, - это современное, перспективное и активно разрабатываемое направление методов оптимизации многокритериальных задач. Генетические алгоритмы уже активно используются для обучения нейронных сетей, проектирования структуры механизмов и составления расписаний, для оптимизации структуры телекоммуникационных сетей и размещения электронных элементов на плате и т.д.

В докладе приводится алгоритм исследования частот появления отдельных букв и буквенных сочетаний в текстах русского языка, а также пример программной реализации.

УДК 004.728.6

П.В. БОРИСОВ

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЗЛОВ ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЕЙ ЧЕРЕЗ СИСТЕМЫ NAT В СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В 1994 году была разработана система трансляции сетевых адресов (NAT), представляющая из себя сетевой шлюз для узлов локальной сети. Данная система широко применяется и в настоящее время и позволяет решить две основных задачи: 1) нехватка IP-адресов в IPv4 сетях; 2) обеспечение безопасности для узлов локальной сети, путем скрытия внутренних IP-адресов от внешней сети. Но у данной системы есть и свои недостатки. Одним из них является создаваемая сложность взаимодействия узлов в одноранговых сетях, в которых все узлы равноценны между собой и взаимодействуют напрямую друг с другом. Одноранговые сети в настоящее время широко распространены. Примерами таких сетей могут служить: BitTorrent, Skype, Jabber и др.

На данный момент существует технология «прохождения» систем трансляции сетевых адресов (NAT traversal). Данная технология включает в себя ряд механизмов, среди которых можно отметить: STUN, TURN, ICE, TCP/UDP hole punching и др. Механизм STUN представляет из себя сетевой протокол, который позволяет клиенту, находящемуся за NAT, определить свой внешний IP-адрес, способ трансляции адреса и порт во внешней сети, связанный с определенным внутренним номером порта. Данный механизм играет огромную роль в телефонных IP-сетях (VoIP). Механизм TURN также представляет из себя сетевой протокол, который позволяет узлу за NAT или брандмауэром получать входящие данные через TCP или UDP соединения. При этом данный механизм подразумевает наличие TURN сервера как для принимающей стороны, так и для передающей. Данный сервер пропускает через себя весь сигнальный и медиа трафик. Очевидным недостатком такого метода является масштабируемость, поскольку нагрузка на сервера идет колоссальная. Механизм ICE включает в себя особенности обоих, выше перечисленных механизмов. Механизм TCP/UDP hole punching представляет из себя улучшенный механизм, основанный на механизмах ICE и STUN. Данный механизм позволяет устанавливать соединения между двумя узлами, находящимися в разных сетевых сегментах и разными NAT. При этом данный механизм подразумевает наличие сервера, который координирует работу узлов сети. Через сервера проходит исключительно только сигнальный трафик, а весь медиа трафик идет напрямую от узла к узлу. Но данный механизм ориентирован на взаимодействие только двух узлов сети друг с другом.

Предлагаемый автором механизм «прохождения» NAT основывается на технологии TCP/UDP hole punching. Данный механизм применим для взаимодействия любого количества узлов сети друг с другом. Предлагаемый метод подразумевает регистрацию узлов на специальных серверах. Все изменения, протекающие в сети (добавление, удаление узла, изменение

состояния узла, изменения внешних адресов узлов и т.д.), фиксируются серверами и распространяются через них остальным узлам. При этом все узлы делятся на сегменты (домены) по определенным критериям и регистрируются на разных серверах, что позволяет обеспечить балансировку нагрузки последних. Отличительной чертой предлагаемого механизма является тот факт, что сервером может выступать любой узел в сети с открытым доступом, тем самым обеспечивая масштабируемость.

Автором запланированы проведения испытаний прототипа, основанного на данном механизме, в условиях сети Интернет.

УДК 004.3

В.И. ГОЛОВАНОВ

## **RAID КАК ЭЛЕМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ В ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ**

Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева

**Цель:** выбор типа RAID для серверной группы ЦОД (центра обработки данных) предприятия для запуска проекта внедрения ERP-системы в крупном химическом холдинге.

**Параметры проектируемой системы:** большой объем массива, надежность, масштабируемость, ремонтпригодность, высокая скорость передачи данных.

**Обоснование необходимости RAID:** требования к хранению и обработке данных всегда опережают возможности дисков, надежность хранения напрямую зависит от удельной надежности накопителя, при повреждении накопителя безвозвратно теряются хранимые на нем данные. Производительность работы с данными зависит от расположения блоков данных на поверхностях жестких дисков, а также от типа запросов. Объединяя диски в массив, мы добиваемся суммирования их параметров и свойств.

### **Выбор типа RAID**

**RAID 1E Striped Mirror, зеркало на разделенных дисках.** Данный массив представляет собой развитие RAID1 массива. К появлению данного массива привело желание увеличить производительность RAID уровня 1 при применении более интеллектуального дублирования данных на диски, в количестве большем двух. Поступающий поток данных RAID контроллером дробится на блоки и дублируется на два накопителя, следующий блок - на следующие два накопителя. Запись блока данных ведется параллельно. Нет потери времени на последовательное ожидание записи каждого блока, благодаря этому мы не получаем снижения производительности. А так как идет запись нескольких блоков, мы получаем повышение производительности. *Решено применять RAID 1E для системных разделов серверов.*

**RAID 5EE Block Striping with Stripped Parity.** В отличие от RAID5 данный массив не может быть создан без диска для горячей подмены. Диск для горячей подмены используется в активном режиме в составе массива. Для того чтобы обеспечить корректность использования этого накопителя, в каждый слой блоков данных добавляется пустой блок. Это значительно увеличивает производительность, так как активных дисков становится больше. Неисправность одного из накопителей не приводит к потере информации. После выхода из строя одного из накопителей на места размещения пустых блоков автоматически записываются восстановленные блоки данных. В этот момент массив фактически превратится в RAID5. После восстановления потеря еще одного накопителя не приведет к потере данных. За счет отсутствия асимметричности конфигурации дисков получена высокая производительность при интенсивных запросах чтения/записи. *Решено применять RAID 5EE для разделов с СУБД и БД.*

**Дополнительные меры по достижению отказоустойчивости. Consistency Check** (проверка целостности) – это фоновая операция, которая служит для проверки и исправления зеркальных данных или данных четности с целью повышения отказоустойчивости виртуальных дисков. Использование функции **SMART** (технология самоконтроля и составления диагностических отчетов) осуществляет мониторинг внутренней производительности всех двигателей, головок и электронных схем накопителя в целях обнаружения предсказуемых отказов физического диска. Функция **Patrol Read** разработана как предупредительная мера для поддержания физического диска в исправном состоянии и сохранения целостности данных.

УДК 004.057.4

Д.А. ГУСЕВ

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ DNS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ГРАФА СО СВОЙСТВАМИ ТЕСНОГО МИРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящем докладе выделены наиболее важные характеристики, на основе которых строится работа системы доменных имён: иерархическая структура, распределённость хранения информации, кэширование информации, резервирование.

По результатам практических экспериментов, проведённых в локальной сети, и на основе данных компании RU-CENTER были выявлены и сформулированы недостатки текущей реализации службы DNS (Domain Name System, система доменных имён): большая нагрузка приходится на корневые серверы, нет встроенной многоязыковой поддержки, нет возможностей расчёта оптимального пути запроса от сервера к серверу, строго форматизированный формат передаваемых пакетов.

В докладе рассматривается возможность устранения указанных недостатков путём применения для задач службы доменных имён технологии MSW (MSW – Metrized Small World, англ. – «метризованный тесный мир»), разработанной компанией «Мералабс».

MSW – модель графа, предполагающая построение глобальной распределенной архитектуры хранения и поиска информации, действующей в контексте сети Интернет и содержащей петабайтные объёмы данных, генерируемые большим количеством независимых пользователей, географически распределённых по всему миру.

Принцип её функционирования основан на динамическом объединении элементов данных (в данном случае это IP-адрес, имя хоста и т.п.) в логическую сеть, имеющую вид графа со свойствами тесного мира, которая позволяет иметь небольшое среднее количество связей для каждого элемента и в то же время обеспечивает малое количество переходов по связям между любыми двумя элементами при поиске.

Применение данной технологии позволит уйти от иерархической структуры системы, так как дерево поиска элементов можно построить из любой точки, т.к. узлы обладают достаточным количеством связей друг с другом.

В связи с тем, что в структуре MSW для хранения данных и обмена ими между узлами используется формат XML, сами данные в узлах могут содержать любой объём информации и на любом языке. В DNS-запрос и в ответ на него может включаться различная информация, и её размер не будет фиксирован.

При подготовке материалов к настоящему докладу авторами были проведены эксперименты по добавлению новых элементов в структуру MSW. Операция добавления элемента в данном случае эквивалентна двум операциям: поиску и вставке. Поиск необходим для того, чтобы отыскать оптимальное место для узла в сети. Критерием оптимальности является по-

лучение наименьшей метрики, которая характеризует схожесть информации из нового узла и из уже существующих в сети.

На основе полученных результатов были построены графики зависимости времени добавления элементов от существующего количества элементов в системе. Сначала была достигнута только линейная зависимость, что недопустимо для системы, имеющей огромные размеры, которые при этом постоянно увеличиваются. После приближения условий моделирования к реальным была получена логарифмическая зависимость, что доказывает возможность применения технологии MSW в системе DNS. В ходе дальнейших исследований было предложено улучшить характеристики модели MSW путём увеличения количества связей между элементами, в этом случае логарифмическая зависимость была достигнута при меньшем количестве добавленных элементов. В докладе приводится объяснение, почему был получен определенный зависимости, и как это повлияет на работу системы DNS в целом.

УДК 681.3.06

Д.В. МИЛОВ

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Частотно-территориальное планирование сетей подвижной радиосвязи основано на определении зон покрытия базовых станций. Определение зоны покрытия базовых станций выполняется с учетом рельефа местности в районе обеспечения связи.

Рельеф местности может быть определен на основе использования топографических или электронных карт. Предпочтительным является использование электронных карт, что позволяет избежать большой кропотливой ручной работы с топографическими картами. Работа с электронными картами предполагает наличие средств обработки данных цифровой карты местности. Использование существующих комплексов для решения конкретных задач планирования сетей подвижной радиосвязи может оказаться затруднительным, поскольку они предназначены для решения вполне определенного круга задач. Доступность таких комплексов также накладывает соответствующие ограничения на их использование.

Для восстановления рельефа местности можно воспользоваться различными методами интерполяции. Теоретически обосновать применение какого-либо метода интерполяции не представляется возможным, поскольку значения высот рельефа в различных точках поверхности слабо связаны между собой. Кроме того, неизвестны точные значения высот рельефа в произвольных точках поверхности. Известно, что не все методы интерполяции одинаково эффективны для различных поверхностей. Если для равнинной поверхности один из методов интерполяции может давать хорошие результаты, то для гористой поверхности возможны и неудовлетворительные результаты. Для сравнения различных методов интерполяции и выбора соответствующего метода, применительно к восстановлению рельефа, предлагается воспользоваться перекрестной проверкой.

При использовании перекрестной проверки выборка многократно делится на три части, одна из которых является тестовой, вторая обучающей, а третья контрольной. Данные цифровой карты местности, к которым относятся значения высот в точках поверхности с известными географическими координатами, являются структурированными, что накладывает определенные ограничения при делении выборки. Предлагается контрольную и тестовую выборки получать путем прореживания исходной выборки. При этом тестовая выборка предназначена для настройки алгоритмов с учетом характеристик соответствующей поверхности, а контрольная выборка для возможности выбора наиболее эффективного алгоритма.

Процедура интерполяции позволяет получить высоту заданной точки, как функцию

географических координат. Данная функция и результат интерполяции непосредственно зависят от обучающей выборки и параметров процедуры интерполяции. В силу специфики решаемой задачи предлагается в качестве целевой функции принять сформированную модифицированную среднеквадратическую ошибку. Минимизация целевой функции с использованием тестовой выборки позволяет адаптировать алгоритм интерполяции по отношению к типу рельефа местности.

Наиболее эффективный алгоритм выбирается на основании сравнения модифицированных среднеквадратических ошибок, полученных по результатам проверки различных алгоритмов на совокупности контрольных выборок.

УДК 623.19.47

П.А. НОВИКОВ, Ю.К. БОГАТЫРЁВ

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СЕТЕЙ 4G**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Во всем мире в настоящее время идёт интенсивное развитие систем подвижной связи, рамках которых весьма широкое использование приобрели системы сотовой связи. Направление их развития идет от проводных систем к системам стандартов беспроводного широкополосного доступа.

Ввиду того, что системы персональной связи становятся всё более глобальными и многофункциональными, пользовательская нагрузка на них становится всё более высокой. Так же это объясняется и тем, что средства персональной связи начинают применяться не только для передачи голоса, но и для предоставления высокоскоростного доступа к сети Internet и обмена информацией различных типов.

Это вызвало необходимость в разработке новых методик и способов тестирования производительности таких систем как при проектировании, так и при введении их в эксплуатацию. Тестирование при этом должно помочь спрогнозировать поведение телекоммуникационной системы при наличии пользовательского трафика.

В качестве типового примера активно функционирующей в настоящее время сотовой системы связи выступает сеть GSM, относящаяся к стандарту 2G/2,5G. Система стандарта GSM, основанная на комбинации FDMA и TDMA, ориентирована на перспективу создания универсальной системы персональной связи. Однако стандарты 2,5G не дают высокого качества связи и достаточной скорости передачи данных для полноценного использования ресурсов Internet. Основное их назначение – передача речевой информации и коротких сообщений.

Указанные выше основные недостатки устраняются в сетях широкополосного беспроводного доступа 4G. Основными стандартами систем 4G являются WiMax и LTE. Наилучшим вариантом для операторов, уже располагающих сетями 2G и 3G, является построение конвергентной сети 2G/3G/LTE с единым управлением и поддержкой сервисов без прерывания.

Системы 4G являются универсальным средством коммуникации пользователя. Они позволяют создавать масштабируемые сети, характеризующиеся высокой скоростью передачи данных (например, для стандарта Mobile WiMax до 10 Мбит/с) и повышенным качеством голосовой связи.

Развитие систем 4G потребовало более глубокого анализа и оценки функциональности телекоммуникационной системы. Одним из важнейших этапов анализа системы является тестирование для выявления ряда основных параметров: надёжности, устойчивости к повышенным нагрузкам, потери трафика и т.п. С этой целью нами был разработан ряд программных средств для тестирования телекоммуникационного оборудования. В качестве универсального оборудования для обслуживания системы персональной связи нами был рассмотрен комплекс IS компании Ericsson. Для тестирования производительности системы и



возможностей взаимодействия элементов оборудования при наличии трафика была использован программируемый генератор трафика компании IXIA. В данной работе излагаются алгоритмы разработанных нами скриптовых tcl-программ, выполняющие настройку виртуальных локальных сетей между элементами IS и запуск пользовательского трафика по ним. Эти программы также могут быть использованы для расчёта потерь трафика и анализа производительности системы.

Такая разработка, на наш взгляд, является весьма актуальной в свете стремительных темпов развития и внедрения систем персональной связи 4G.

УДК 004.735

Д.В. ОШМАРИН

## **МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРА В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основным механизмом распределения спектрального ресурса на сегодняшний день является так называемое лицензирование. Оно подразумевает закрепление того или иного частотного диапазона за тем или иным оператором, предоставляющим услуги конечному пользователю на конкурсной основе. Соответственно, лицензированный спектр может использоваться только тем оператором, за которым он закреплен.

С одной стороны, как показывают исследования, использование частотного ресурса неодинаково эффективно во всей полосе частотного спектра и зависит от частоты, пространства и времени. С другой стороны, электромагнитный спектр, пригодный для современных мобильных телекоммуникаций, является конечным ресурсом. Данные обстоятельства позволяют говорить о неэффективности существующего механизма распределения спектрального ресурса, который на сегодняшний момент является статическим практически во всех доступных полосах частот. Один из подходов к решению проблемы неэффективного использования спектрального ресурса был предложен в работах J. Mitola и вылился в концепцию когнитивного радио. В системах когнитивного радио принято различать первичных и вторичных пользователей. Первичный пользователь обладает эксклюзивными правами на использование некоторой лицензированной полосы частот. Вторичный пользователь обладает правом использования лицензированной полосы частот только в том случае, если она не занята первичным пользователем.

В данной работе рассматривается механизм динамического распределения спектра между вторичными пользователями на основе теории аукционов, где в качестве аукциониста выступает первичный пользователь или группа первичных пользователей, а в качестве покупателя выступают вторичные пользователи. Анализ полученного аукциона ограничивается случаем, когда вторичный пользователь может претендовать только на один диапазон частот из всех, разыгрываемых на аукционе.

Рассматриваемая модель сети состоит из первичных базовых станций, вторичных базовых станций, спектрального брокера и базы данных. Первичные базовые станции предоставляют спектральному брокеру информацию о частотных ресурсах, которые в данный момент не заняты, выступая в качестве продавцов. Спектральный брокер собирает информацию о свободных частотных диапазонах для последующего распределения между вторичными базовыми станциями. Вторичные базовые станции, конкурирующие между собой (например, в случае принадлежности различным операторам мобильной связи), выступают в качестве покупателей частотного ресурса. База данных хранит информацию о доступных частотных диапазонах, первичных и вторичных базовых станциях.

Динамическое распределение спектра в рассматриваемой модели осуществляется спектральным брокером на основе знания о свободных частотных диапазонах посредством

аукциона. Длительность использования частотного диапазона указывается первичной базовой станцией в момент передачи информации спектральному брокеру. В течение данного промежутка времени первичная базовая станция не имеет права использовать данный частотный диапазон, что гарантирует отсутствие интерференции между первичным и вторичным пользователем. Соответственно, права на использование спектра в результате аукциона передаются вторичной базовой станции на заранее определенный интервал времени, по окончании которого частотный диапазон должен быть освобожден.

УДК 004.89

Б.А. СУСЛОВ

## ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ НАБОРОВ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Принятие решений относится к важнейшему этапу управленческой деятельности, во многом определяющему ее эффективность. Решения по управлению предприятием осуществляется в соответствии с многоуровневой структурой системы управления:

I уровень – стратегическое управление, связанное с долгосрочным планированием и функционированием производства;

II уровень – функциональное управление, охватывающее планирование и оперативное управление производственно-хозяйственной деятельностью предприятия;

III уровень – оперативное управление, включающее выработку управляющих воздействий непосредственно на технологические процессы.

Основной проблемой при управлении предприятием является необходимость принятия решений в условиях различных временных ограничений и при наличии неопределенностей на каждом из представленных уровней. Решение этой проблемы находится в использовании систем поддержки принятия решений, базирующихся на моделях представления знаний об объекте и алгоритмах управления. Качество управления при этом зависит от точности и адаптируемости используемых моделей, а также от качества доступной информации для предсказания оптимальных условий ведения процессов.

Наиболее простым и широко используемым видом моделей являются модели, основанные на знаниях, представляющие собой структурированные наборы логических правил вида «если X, то Y», где X и Y - логические выражения, которые могут включать в себя другие выражения, состоящие из простых логических событий, объединенных функцией «логическое И». Такими простыми логическими событиями могут быть:  $x = a$ ,  $x < b$ ,  $x > a$ ,  $a < x < b$ , и др., где  $x$  – какой либо параметр,  $a$  и  $b$  – константы. Перспективным видится иерархическое представление подобных наборов правил, когда на нижних уровнях иерархии располагаются логические правила, условная часть которых состоит из значительного числа комбинации простых логических событий (NR-правила). Такие правила более трудны для восприятия, обладают низким значением характеристик полноты и поддержки, однако являются более точными, актуальными и используются для описания узкой предметной области. На верхнем уровне иерархии располагаются правила, условные части которых состоят из одного логического события (1R-правила). Данные правила просты для восприятия, имеют высокие значения характеристик полноты и поддержки, однако менее точны, зачастую являются не актуальными и пригодны лишь для описания предметной области в целом. Использование правил нижних уровней иерархии удобно в системах поддержки принятия решений оперативного и функционального управления, для систем стратегического управления более подходящим видится использование правил с верхнего уровня иерархии.

Для построения описанной выше иерархии логических правил предлагается исполь-

зовать байесовские сети. При этом байесовская сеть будет представлять собой граф, состоящий из вершин, определяющих параметры условия и следствия логических правил. Для каждого правила, сформированного с помощью байесовской сети, строится таблица сопряженности  $2 \times 2$ , в ячейках которой находятся частоты (количества измерений), соответствующие категориям наблюдений. На основе полученных таблиц сопряженности рассчитываются базовые характеристики правил (полнота, точность и поддержка). Рассчитанные характеристик используются для оценки полезности правил, входящих в иерархический набор.

УДК 681.3

А.А. САЗАНОВ

## ПЕРЕДАЧА ВИДЕОПОТОКОВ ПО IP-СЕТЯМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные компьютерные сети, построенные на IP-протоколах и используемые для передачи данных, уже долгое время служат для обмена различной мультимедийной информацией: речевой (IP-телефония), видео (видеоконференции). Но кроме преимуществ технологии передачи речевой, звуковой, видеoinформации IP-сети имеют и существенные недостатки, проявляющиеся в большей степени в низкоскоростных сетях и связанные с задержками при всплесках трафика на недостаточных полосах пропускания канала, что оказывает значительное влияние на качество сигнала.

Таким образом, разработка моделей трафика в корпоративных сетях остается актуальной задачей, в том числе, трафика, полученного при передаче отдельных видов информации, например, при установлении видеосвязи (при видеоконференции). Имеется широкий ряд как платных (Tandberg Movi, Polycom PVX, Meeting point 4.0, VideoPort SBS Plus, Tandberg See&Share), так и бесплатных (Skype, NetMeeting, VC software, Ekiga, Earthlink beta, CU-SeeMe, Visitalk, Ivisit, HoneyQ, ICUII, ISPQ, VLVC, ooVoo, OpenH323) программных решений для организации видеосвязи через IP-сети.

В докладе описаны исследования трафика, проведенные на основе программного обеспечения Skype, протокол которого имеет ряд особенностей:

- используется P2P-архитектура, благодаря чему он работает по принципу самоорганизующейся распределенной пиринговой сети, в которой нет постоянных серверов, а роль серверов выполняют сами участники сети, имеющие прямой IP-адрес и широкий канал подключения к сети Интернет;
- используется различный диапазон портов (при недоступности необходимого диапазона портов протокола UDP, происходит переключение на использование свободных TCP-портов).

Экспериментальный стенд состоял из двух компьютеров, соединенных в локальную сеть, и установленным на них программным обеспечением Skype. Связь происходила по UDP-протоколу. При установке видеосвязи на одном из компьютеров на протяжении всего сеанса осуществлялся захват пакетов, с сохранением их для дальнейшего анализа.

На основе полученных данных было получено распределение пакетов по времени прибытия (или отправления в зависимости от направления следования пакета), которое выявило равномерность распределения пакетов по временной шкале, без резких пиков и провалов. При этом загруженность канала составила в среднем 1,02 Мбит/с (при разбросе 0,83–1,11 Мбит/с).

При дальнейшей обработке были выделены длины временных интервалов между пакетами (OFF-интервалы) и получено соответствующее распределение. Анализ этих временных интервалов показал следующие результаты:

- максимальный пик распределения приходится на минимальный временной интервал (составляющий порядка 0,99 мс);
- остальная часть интервалов («хвост» распределения, временные интервалы порядка 1–70 мс) имеет незначительный вес по сравнению с максимальным пиком (не более 4000 единиц по сравнению с 18 000 в максимальной точке распределения).

УДК 623.19.47

Ю.Ф. КОСТЕРИЦ, Ю.К. БОГАТЫРЕВ

## ТЕСТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ LTE (4G)

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Беспроводные цифровые коммуникации, бурно стартовав, продолжают развиваться чрезвычайно быстро. Развитие беспроводной связи сопровождается непрерывной сменой технологий, в основе которых лежат стандарты сотовой связи GSM и CDMA, а также стандарты систем передачи данных IEEE 802.

Требования конечных пользователей к предоставляемым услугам постоянно повышаются. Мобильные сети должны использоваться не только для сотовой связи, но и для передачи данных и работы с Интернетом с высокими скоростями и качеством передачи. Именно с этой целью в рамках проекта сотрудничества в создании сетей третьего поколения 3GPP (3G Partnership Project) была начата разработка технологии LTE.

LTE базируется на трех основных технологиях: мультиплексирование посредством ортогональных несущих OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), многоантенные системы MIMO (Multiple Input Multiple Output) и эволюционная системная архитектура сети (System Architecture Evolution).

Благодаря этому решению достигаются достаточно неплохие характеристики связи: максимальная скорость передачи нисходящего трафика до 100 Мбит/с на канал в 20 МГц, восходящего трафика до 50 Мбит/с на канал в 20 МГц; мобильность - высокая эффективность на скоростях движения абонента до 120 км/ч; высокая зона покрытия и возможность работы в режимах FDD и TDD.

Тестирование устройств LTE – обширная задача, одна из целей которой – измерение параметров стабильности, устойчивости к повышенным нагрузкам, потери трафика и т.п. Для этого нами были разработаны программные средства, которые позволяют измерять характеристики и тестировать устройства сети. В качестве объекта тестирования (оборудования обслуживания абонентов сети) взят комплекс IS3.1 компании Ericsson. В качестве измерительного и вспомогательного оборудования были использованы приборы компании IXIA.

Для тестирования характеристик оборудования были использованы скриптовые программы на языках Tcl и Erlang, которые позволяют настраивать и оптимально использовать измерительное оборудование: генераторы трафика, имитаторы функциональных узлов сети радиодоступа. Данное оборудование используется для следующих видов тестирования: нагрузочное тестирование VoIP-систем с использованием только трафика RTP, различные виды тестирования VoIP-средств, в том числе при мультисервисном обслуживании (IxLoad); тестирование сети радиодоступа RAN (IxCatapult), тестирование конечных узлов на характеристики обслуживания QoS, CoS (IXIA traffic generator).

Разработанные программы выполняют функции настройки маршрутизации и локальных сетей, настройки потоков трафика и измерения характеристик системы при наличии нагрузки.

Тестовые средства непрерывно развиваются и улучшаются по мере развития стандарта LTE в целом.

**ПРОЦЕДУРА СРАВНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИНАРНЫХ КЛАССИФИКАТОРОВ**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Различные способы решения задачи классификации демонстрируют неодинаковые характеристики на различных типах задач. Предлагается метод оценки эффективности классификаторов для выбора оптимального для поставленной задачи.

Известно, что задача классификации при наличии нескольких альтернатив может быть сведена к совокупности задач бинарной классификации. Возникающие вследствие ошибок первого и второго рода потери в общем случае различны, поэтому в качестве интегрального показателя качества классификации применяется средний риск  $R$ . Для случая бинарной задачи классификации выражение для  $R$  запишем в виде

$$R = r_{00}(1-\alpha)P_0 + r_{10}\alpha P_0 + r_{01}\beta P_1 + r_{11}(1-\beta)P_1, \quad (1)$$

где  $r_{ij}$  — элементы матрицы потерь,  $P_0$ ,  $P_1$  — априорные вероятности классов;  $\alpha$  и  $\beta$  — условные вероятности ошибок первого и второго рода.

Без ограничения общности можно полагать, что  $r_{00} = r_{11} = 0$ . Кроме того, предлагается использовать «нормировку» вида  $r_{01} + r_{10} = 2$ . В частном случае при  $r_{01} = r_{10} = 1$  приходим к простой функции потерь, при применении которой средний риск (1) совпадает с полной вероятностью ошибки. При использовании указанных предположений (2) принимает вид

$$R = r_{10}\alpha(1-P_1) + (2-r_{10})\beta P_1. \quad (2)$$

Рассмотрим правило принятия решений  $\hat{z} = H(P(z=1/\mathbf{x}) - h_p)$ , где  $H(a)$  — функция Хевисайда. Применение критерия минимума среднего риска позволяет определить величину порога  $\tilde{h}_p = (r_{10} - r_{00}) / (r_{10} - r_{00} + r_{01} - r_{11})$ . С учетом введенных выше допущений находим, что  $\tilde{h}_p = r_{10}/2$ . Тогда, используя (2), и учитывая зависимость условных вероятностей ошибок от порога, приходим к выражению  $R_p(\tilde{h}_p) = 2(\alpha(\tilde{h}_p)\tilde{h}_p(1-P_1) + (1-\tilde{h}_p)\beta(\tilde{h}_p)P_1)$ , которое позволяет для заданной априорной вероятности  $P_1$  получить интегральную характеристику качества классификации

$$\bar{R}_q = \int_0^1 R_p(\tilde{h}_p)q(\tilde{h}_p)d\tilde{h}_p. \quad (3)$$

Здесь  $q(h_p)$  — весовая функция, которая в частном случае принимается в виде  $q(\tilde{h}_p) = 1$ . Интеграл в (3) может быть вычислен приближенно.

Анализ эффективности классификатора вне зависимости от априорных вероятностей классов позволяют выполнить рабочие характеристики (ROC), однако сравнение эффективности классификаторов становится неоднозначным, если соответствующие им рабочие характеристики пересекаются, что зачастую имеет место на практике. В качестве интегрального показателя качества классификации, рассчитываемого на основе рабочих характеристик, находит применение показатель AUC, определяемый как площадь области под ROC-кривой.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ TEXT MINING  
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ДАННЫХ ДЛЯ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ**

Рязанский государственный радиотехнический университет

Во многих организациях в настоящее время в результате автоматизации деятельности при использовании баз данных скопились большие объемы данных, в которых заключено большое количество дополнительной невыявленной и потенциально полезной информации. В частности, в медицинских учреждениях работа с данными сводится к накоплению статистики и формированию отчетов по ней. Эффективный мониторинг накопленной статистической информации позволяет, например, определять статистические показатели для выявления и оценки существующих и потенциальных угроз неблагоприятных эпидемиологических ситуаций, и подготовить мотивационную базу для принятия управленческих решений. Эффективный мониторинг данных достигается путем применения методов интеллектуального анализа, особое место в которых занимают методы кластеризации.

Кластеризация, основываясь на установленном отношении схожести элементов, устанавливает подмножества (кластеры), в которые группируются входные данные. Чем больше похожи объекты внутри кластера и чем больше отличий между кластерами, тем точнее кластеризация. Однако для успешной кластеризации массивов обрабатываемых данных необходима предварительная подготовка, которая заключается в выборе множества данных для анализа и выделении атрибутов, по которым будет производиться анализ. Эти атрибуты должны кратко и полно описывать исследуемое множество данных, остальные же, как не несущие полезной для анализа информации, исключаются из рассмотрения. Для решения этой задачи воспользуемся технологией Text Mining. В этой технологии процесс выбора множества данных для анализа можно условно разделить на три фазы. Сначала находятся релевантные массивы данных, потом из результатов поиска извлекаются данные для предварительного анализа и в завершение они анализируются. При автоматизации извлечения информации из массива выделяется нужные элементы, при этом на вход подается набор информации, написанный на естественном языке, а на выходе получается информация в структурированном виде. Структуры могут представлять собой как простые сущности (пациенты, диагнозы, врачи, отделения), так и сложные (факты, содержащие некое событие, его участников, дату, лист назначений и пр.). События бывают самые разные: операция, поступление пациента, проведение диагностики и т.п. Указанный инструмент позволяет автоматически собирать результаты в коллекции данных, которые уже пригодны для проведения анализа.

Эту задачу Text Mining возможно решить, применяя модели данных, построенных на семантических сетях, в которых извлечения ассоциативных правил из текстовых данных сформулированы на концептуальных графах с применением теории нечетких множеств. При этом мера близости концептуальных графов полнее отображает семантическую близость текстовых данных. Такой подход позволит качественно подготовить массив данных для дальнейшей кластеризации.

**ИНТЕРВАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛА  
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КИНЕТИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ БЕЗ РАЗГРУЗКИ**

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Значения механических характеристик металла (таких как предел текучести, длина площадки текучести, степенной показатель упрочнения) являются важным показателем, позволяющим судить о текущем состоянии металлических конструкций, их дальнейшей спо-

способности выполнять свои функциональные задачи. Особую актуальность для оценки значений механических характеристик металла представляют неразрушающие методы контроля, к которым относится метод кинетического индентирования].

Задача, рассматриваемая в настоящей работе, состоит в определении механических характеристик металла  $a, t$  (предел текучести),  $m$  (показатель упрочнения) и восстановлении диаграммы растяжения  $\sigma(\epsilon)$  (зависимость удлинения образца  $\epsilon$  от нагрузки  $\sigma$ ) по диаграмме индентирования  $F(h)$  (зависимость глубины индентирования  $h$  от приложенной к индентору силы  $F$ ). Поскольку не существует теоретического решения поставленной задачи, предложено построение нейросетевой модели, настраиваемой по набору примеров, полученных в результате проведения серии экспериментов.

В результате предварительных исследований установлено, что процесс индентирования без разгрузок не предоставляет необходимую информацию для построения точечных оценок параметров  $O$ . В этих условиях предложено рассматривать интервальные оценки механических характеристик металла. Для их построения в работе использована группа нейросетевых (НС) моделей, решающих противоположную задачу - построение диаграммы индентирования по известным значениям параметров  $a, t$  и  $m$  (так называемая «прямая задача»). Обученные НС модели имеют разные архитектуры, используют разные характеристики диаграммы индентирования и начальные условия для обучения. С помощью построенных НС моделей по данным выполненного индентирования формируется база допустимых значений искомых механических характеристик металла (в пределах установленной точности). В работе предложена процедура вычисления наиболее вероятных интервальных значений механических характеристик  $c_{iT}$  и  $m c$ .

Экспериментальные исследования проведены на модельных данных, рассчитанных методом конечных элементов.

УДК 519.254

Л.И. ДЕМИДОВА, А.Н. КОРОТАЕВ, А.Н. ПЫЛЬКИН

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ С ХРОМОСОМОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

Рязанский государственный радиотехнический университет

Проблема принятия решений, которую в широком плане можно рассматривать как проблему анализа сложных систем, занимает всё большее место в современной науке. Одним из главных вопросов разработки системы поддержки принятия решений является выбор математических моделей и методов принятия решений, составляющих основу её функционирования. Быстро развивающийся в последнее время аппарат теории нечётких множеств предлагает множество различных способов представления неопределённости, а также методов и алгоритмов её обработки.

Использование различных модификаций алгоритмов нечеткой кластеризации позволяет решить проблему, связанную с неопределенностью знаний о принадлежности (или непринадлежности) объектов кластерам. В последнее время наряду с нечеткими множествами первого типа всё большее применение в решении различных прикладных задач находят интервальные нечеткие множества второго типа (ИНМТ2). Однако использование ИНМТ2 целесообразно только в том случае, когда ожидается существенное улучшение результатов кластеризации (например, для множества объектов, содержащего кластеры существенно разной плотности или существенно разного объема) ввиду увеличения сложности вычислений. Наиболее известными алгоритмами кластеризации, основанными на учете того

или иного вида неопределенности, являются: алгоритм нечетких  $c$ -средних (FCM-алгоритм - fuzzy  $c$ -means) и алгоритм возможностных  $c$ -средних (PCM-алгоритм - possibilistic  $c$ -means).

Если при использовании ИНМТ2 для описания принадлежности объектов кластерам существует неопределенность выбора алгоритма кластеризации и количество кластеров  $c$  заранее неизвестно, то для получения адекватных результатов кластеризации следует использовать генетический алгоритм с переменной (варьируемой) длиной хромосомы, обеспечивающий поиск адекватных результатов кластеризации с минимальными временными затратами. В этом случае операция скрещивания происходит между хромосомами, всегда содержащими 2 фаззификатора  $m_x, /i_2$ , а также «ширину зон» кластеров, причём число зон варьируется. При этом возникает вопрос, как будет происходить скрещивание хромосом переменной длины?

Рассмотрим следующий вариант. Основной идеей будет сохранение постоянного расстояния до краёв правил. Под правилом будем понимать наименьшую возможную длину хромосомы для данного примера. Тогда из первой хромосомы случайно выбираются две произвольные точки, а из второй хромосомы выбираются такие точки, чтобы расстояние от левой точки до левого края правила и от правой точки до правого края хромосомы были теми же.

Таким образом, можно сделать вывод, что для решения задачи кластеризации объектов в условиях неопределённости выбора алгоритма кластеризации и количества кластеров  $c$  целесообразно использовать данный метод скрещивания хромосом.



УДК 621.39.002.5

А.С. ПРОВОТОРОВ

### СИСТЕМА СОЗДАНИЯ ТЕСТОВ

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В настоящее время широко используются электронные средства проверки знаний, поскольку данные технологии являются на сегодняшний день наиболее перспективными. Поэтому разработка тестирующего комплекса, содержащего в себе широкий спектр возможностей для создания и проведения тестов, позволяет уменьшить нагрузку на преподавателей при оценке остаточных знаний студентов. Соответствующее направление является актуальным и обосновывается некоторыми объективными причинами. Одной из наиболее важных, на взгляд автора, явилось отсутствие на данный момент конкурирующих программ в сфере web-тестирования, внедряемых во внутреннюю информационную базу института.

При использовании готовых тестов возникает много трудностей с материалами тестирования, спектр заданий в уже составленных тестах может не охватывать весь изученный материал или, наоборот, иметь вопросы по еще не пройденным темам. В силу указанных причин результаты тестов не могут гарантировать объективности оценки знаний. Для решения этой проблемы автором была предложена идея создания системы «ALPRO», позволяющей преподавателям самостоятельно создавать тесты, назначать группы тестируемых, получать результаты пройденных тестов в виде формы печатного документа и графиков статистики.

С этой целью автору необходимо было разработать систему и процесс создания требуемого количества равносложных контрольных материалов для текущего контроля и обучения большого количества учащихся. Важнейшей особенностью тестов является возможность оперативной проверки знаний, что позволяет организовать обратную связь с учащимся и использовать эти материалы как для оценки знаний учащихся, так и для закрепления материала, а также для самообучения при дистанционном обучении.

Для разработки системы «ALPRO» автором был выбран язык программирования PHP. Для реализации общего доступа внутри локальной сети института и посредством глобальной сети Internet был настроен Web-сервер под управлением операционной системы Linux CentOS 5.4 с системой управления базами данных MySQL и веб-сервером Apache.

Программа состоит из административного модуля, модуля представления тестирующего материала. Административный модуль доступен только преподавателям вуза, список преподавателей берется из единой информационной базы института, и имеет фиксированный размер, что позволяет избежать регистрации сторонних пользователей. Каждый зарегистрированный пользователь системы имеет собственную зону персональных данных, в которой находятся: конструктор тестов, редактор тестов, расписание тестирования, результаты тестирования, личные учетные данные. Система предусматривает создание следующих типов вопросов: текстовый, видео-вопрос, вопрос-изображение, и типы ответов: check-box, radio-box, текст. Модуль представления тестирующего материала разработан для участников проводимого тестирования. Для начала тестирования его участник должен выбрать свою группу,

преподавателя, доступный тест и ввести в качестве подтверждения уникальный персональный номер (для текущей версии системы это номер студенческого билета). Все результаты тестов будут доступны преподавателю на личной веб-странице в разделе «Результаты тестирования».

Автор надеется, что внедрение этой системы сделает процесс тестирования более удобным, как для преподавателей, так и для студентов.

УДК 004.032.26

А.В. БОБИН, О.А. МИШУЛИНА

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПА ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ ПО ТРАЕКТОРНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

ГосНИИ авиационных систем, г. Москва

**Введение.** Эффективность зенитных ракетных комплексов (ЗРК) противовоздушной обороны может быть повышена, если в процессе сопровождения цели радиолокатором идентифицируется тип цели (тактические баллистические ракеты (ТБР), противорадиолокационные ракеты (ПРР) и пр.). Сложность решения задачи распознавания типа цели объясняется ограниченностью располагаемой информации.

**Постановка задачи и описание источников данных.** В работе рассматривается возможность применения искусственных нейронных сетей для определения типа сопровождаемой ракеты противника, исходя из накопленных траекторных измерений. Предполагается, что распознавание типа ракеты выполняется по измерениям радиолокационной станции, входящей в состав ЗРК.

В качестве источника априорной информации для построения распознавателя используются математические модели, способные адекватно воспроизводить типовые траектории движения ракет рассматриваемых классов.

**Формирование пространства признаков.** Все информативные признаки, используемые для определения типа ракеты, разделены на две категории: *мгновенные*, относящиеся к текущему траекторному измерению, и *интегральные*, описывающие динамические свойства траектории.

В ходе исследования установлено, что вектор признаков, содержащий 7 мгновенных характеристик траектории и 6 интегральных, является достаточным для классификации ракет по представительной обучающей выборке и обеспечивает высокую обобщающую способность нейросетевого классификатора.

**Архитектура распознавателя.** В работе для решения задачи классификации предложена архитектура модульной нейросети, в которой отдельные модули, решающие частные задачи классификации, реализованы на многослойных персептронах. Для обучения модулей использован метод обратного распространения ошибки.

**Результаты исследований.** Для проведения экспериментов было сгенерировано 280 траекторий ПРР и 150 траекторий БР тактического назначения, из них для обучения использовались 160 и 90 траекторий соответственно. Траектории движения ракет были сгенерированы таким образом, чтобы отразить разнообразные условия их возможного применения по дальности, высоте и азимуту при атаке на ЗРК. Распознавание типа ракеты производилось в каждой точке траектории по всей располагаемой информации. На обучающих примерах достигнута абсолютная точность обученного нейросетевого классификатора при отсутствии помех измерений локатора. На независимой тестовой выборке ошибки идентификации ПРР как ТБР составили 1,29 %, а ТБР как ПРР – 1,22% от общего размера тестовой выборки. Таким образом, показана высокая точность нейросетевого решения поставленной задачи и возможность обобщения на более сложные условия его применения.

## **ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процесс разработки программного обеспечения состоит из нескольких стадий, среди которых этап тестирования занимает одно из ключевых мест, в значительной степени определяя успешность всей работы. Именно результаты тестирования позволяют выявить уровень качества продукта и определить, насколько программное обеспечение удовлетворяет требованиям, сформулированным на начальной стадии.

Время, запланированное для тестирования сложных проектов, может составлять значительную часть всего объема работы над проектом, что влечет за собой необходимость долгосрочного использования дорогостоящего труда специалистов-тестировщиков. Существует альтернативный вариант планирования бюджета, который использует большинство передовых компаний-разработчиков: инвестировать средства в разработку (или приобретение) системы автоматического тестирования, при этом ограничив до минимума потребность в использовании тестировщиков в процессе верификации. Современные методы тестирования программного продукта не позволяют однозначно и полностью выявить все дефекты и установить правильность функционирования программы. Эффективное тестирование сложных программных продуктов – это творческий процесс, не сводящийся к следованию строгим правилам, поэтому создание системы автоматического тестирования для конкретного продукта – сложная задача, требующая использования индивидуального подхода.

При реализации системы автоматического тестирования применяется обычно один из двух подходов: тестирование на уровне кода (модульное тестирование) и тестирование на уровне графического интерфейса пользователя (имитация действий человека). Второй метод обладает рядом преимуществ: во-первых, программное обеспечение тестируется тем же способом, которым его будет использовать человек, во-вторых, можно осуществлять верификацию продукта, не имея при этом доступа к исходному коду. Системы автоматизации тестирования прошли путь развития от приложений, позволяющих лишь записывать и воспроизводить действия тестировщика во время ручного тестирования, до сложных программных продуктов, дополненных средствами написания сценариев на специально разработанных языках и содержащих репозитории для хранения данных, используемых в процессе верификации.

Одной из главных проблем в использовании систем автоматизированного тестирования до сих пор остается трудоемкость поддержания актуальности верификации, для достаточно быстро изменяющихся продуктов значительные средства необходимо тратить на обновление тестов. Таким образом, при проектировании тестов важно обеспечить возможность их модифицирования в дальнейшем. Среди других открытых вопросов большое количество технических. Например, проблема синхронизации приложения и системы тестирования на машинах с разной производительностью может быть решена с помощью увеличения времени задержек между атомарными операциями. Однако такая коррекция может негативно сказаться на общем времени выполнения тестов, что тоже немаловажно.

Несмотря на широкий выбор универсальных продуктов для организации автоматического тестирования программного обеспечения, при разработке инновационного продукта на новой платформе часто возможность использования таких решений ограничена. При этом желание разработчика уменьшить долю ручного тестирования приводит к адаптации наиболее пригодного решения стороннего производителя, либо к созданию собственного. Таким образом, развитие систем автоматического тестирования успешно продолжается вместе с техническим прогрессом в целом.

## **СОЗДАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА ПО РАЗВИТИЮ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО БАНКОВСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Нижегородский филиал ГУ-Высшая Школа Экономики

Многие специалисты уверены, что XXI век следует провозгласить веком Интернета. В последнее время в сфере банковских услуг появился новый продукт – интернет-банкинг. Интернет-банкинг как одно из направлений банковского дела имеет большой потенциал для дальнейшего развития.

Интернет-портал по развитию систем ДБО – это не простой сайт или форум, а четко структурированная система с разделением на группы пользователей и специфическими инструментами моделирования.

Архитектурный подход. Можно применять архитектурные подходы к целому предприятию, подразделению или даже к отдельной прикладной системе. В данном случае вместо конкретного предприятия была выбрана система ДБО, а целью будет являться развитие систем ДБО в России. Из всех моделей наиболее известной является модель Захмана, которая и была взята за основу. Модель преследует две основные цели: с одной стороны, логически разбить все описание архитектуры на отдельные разделы для упрощения их формирования и восприятия, с другой – обеспечить возможность рассмотрения целостной архитектуры с выделенных точек зрения или соответствующих уровней абстракции. Основная идея заключается в том, чтобы обеспечить возможность последовательного описания каждого отдельного аспекта системы в координации со всеми остальными. Архитектурный подход – это, прежде всего, управление знаниями, то есть процесс сбора и распространения информации.

Особенностью данного портала является возможность моделирования бизнес-процессов при помощи специального приложения, то есть пользователь тем самым предлагает свое видение конкретного процесса. Следующая идея данного проекта заключается в том, что пользователь имеет возможность предлагать идеи по совершенствованию интерфейса системы интернет-банкинга не словесно, а при помощи визуального представления.

Суть сервиса брокера ДБО заключается в том, что он помогает определить наиболее оптимальную и выгодную для пользователя систему ДБО и в то же время оценить банковские тарифы по предложению данных услуг.

Интернет-портал по развитию систем ДБО – это уникальная возможность как для пользователей, так и для банков. Со стороны рядового пользователя портал дает возможность высказать свою точку зрения, внести свой вклад в развитие систем ДБО. Интернет-портал позволит выявить основные тенденции в предоставлении услуг ДБО. Зная, в каком именно направлении двигаться, банки смогут внедрять новые технологические решения, услуги и сервисы, учитывая потребности клиентов; занимать более выигрышное положение в ходе конкурентной борьбы.

Интернет-банкинг развивается и будет развиваться во всё более нарастающем темпе вместе с развитием интернет-технологий и становлением цивилизованной банковской системы. Интернет-портал же позволит следить за развитием систем ДБО и адаптироваться к малейшим изменениям предпочтений клиентов в режиме реального времени.

### **ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА КОМПЬЮТЕРА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Стремительное развитие компьютерной техники способствует развитию электронных образовательных ресурсов, в связи с чем все большую актуальность приобретают электронные учебники.

Перед автором была поставлена задача создания электронного учебника «Внешние устройства компьютера». Целью создания электронного учебника было оснастить кафедру ПМ электронными методическими средствами.

Учебник состоит из теоретического блока и теста самопроверки.

Актуальность выбранной темы состоит в том, что компьютер стал неотъемлемой частью нашей жизни. Он незаменимый помощник и друг. Постоянно появляются новые разработки.

В данном учебнике отражены история создания, принцип работы и разновидности мониторов, компьютерных мышей, клавиатур, принтеров, трекболов, тачпадов, джойстиков.

Вторая часть – тестирующая программа, с помощью которой обучающийся может провести самоконтроль знаний по всему пройденному материалу. Тест составлен по принципу случайной выборки.

Материал предназначен для студентов специальности «Прикладная математика», изучающих дисциплину «Программные и аппаратные средства информатики», и других специальностей при изучении курса «Информатики».

К сожалению, высшие учебные заведения далеко не всегда оснащены самой современной компьютерной техникой. Студенты не имеют возможности ознакомиться с этими устройствами и научиться работать с ними. Поэтому с целью ознакомления студентов с последними разработками создан электронный учебник, в одном из разделов которого собрана информация о различных моделях компьютерных мышек (например, мышь, оснащенная гироскопом).

Изучая новые разработки, нельзя забывать и о пионерских проектах, тех моделях устройств, с которых все начиналось. Примеры этих устройств также приведены в этом учебнике.

При создании учебника соблюден принцип историзма. В каждом параграфе рассматривается история создания и развития компьютерных устройств.

В работе используется материал не только интернета, но и информация, собранная во время посещения города Муром, города, в котором родился и вырос изобретатель кинескопа Владимир Кузьмич Зворыкин.

В настоящий момент электронный учебник содержит 71 электронную страницу, 195 различных иллюстраций, тест самопроверки и его объем 18,1 Мб. Этот учебник удобен тем, что вся информация находится в одном месте, что удобно для изучения.

УДК 378

Ю.С. ЕГОРОВ

## **АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время информация становится ведущим ресурсом экономического, социального, политического и культурного развития, что свидетельствует о переходе к информационному обществу, что означает увеличение темпа жизни, порождающее проблему повышения уровня мобильности, образованности, адаптивности человека к постоянно изменяющимся условиям. Наиболее конкурентоспособным теперь является индивид, способный в максимально короткий промежуток времени находить, получать и усваивать необходимую ему информацию, а также использовать полученные знания наиболее удачным в конкретной ситуации образом.

Распространение компьютерных информационных технологий позволяет реализовывать управление знаниями, как классическими подходами, а также совместно с использованием принципиально новых компьютерных средств, таких как электронные энциклопедии,

компьютерные симуляторы, системы электронного обучения и т.д. Различные компьютерные средства могут с разной степенью эффективности определять уровень знаний и навыков работников, а также управлять процессами их приобретения и изменения. Использование технологии *E-learning* в учебном процессе позволяет подойти к решению поставленных проблем.

Для *E-learning* характерна независимость территориального положения обучающегося, гибкий индивидуальный график прохождения учебного плана, отсутствие субъективности экзаменатора при оценке знаний др. Следствием использования *E-learning* является снижение издержек, обеспечение качества образовательного процесса и экономия времени обучающихся.

Цель использования систем *E-learning* состоит в управлении знаниями каждого обучающегося на основе достоверной оценки его знаний, а также на основе индивидуального, адаптивного плана обучения с учетом имеющихся возможностей и особенностей.

К основным задачам, которые позволяет решать технология *E-learning* в сфере образования, можно отнести:

- реализацию процесса обучения и его мониторинг;
- создание дополнительных индивидуализированных возможностей и форм обучения;
- мониторинг качества обучения;
- повышение эффективности использования затрачиваемых на обучение ресурсов.

Однако, помимо очевидных достоинств, *E-learning* имеет ряд недостатков:

- компьютерная проверка знаний иногда не отражает их истинный уровень;
- не всегда есть возможность управлять мотивацией обучающегося;
- существуют трудности в реализации компьютерными программами тех или иных особенностей человеческого общения;
- не всегда возможно проверить у обучающегося определенные умения и навыки.

Таким образом, для того, чтобы позволить человеку достичь личного конкурентного преимущества, которое определяется как способность индивида эффективно функционировать в постоянно меняющемся мире, наиболее предпочтительной формой организации процесса обучения является использование технологии *E-learning*, как самого перспективного инструмента, позволяющего учитывать индивидуальные требования в обучении.

УДК 004.052

В.С. ВИНОГРАДОВ, В.И. РУДНИЦКИЙ

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ НАДЁЖНОСТЬЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важнейшей характеристикой энергетического оборудования автономных объектов является его надёжность.

Жизненный цикл (ЖЦ) энергетического оборудования (ЭО) автономных объектов (АО), как и всякого другого изделия, состоит из трёх основных этапов: проектирование, изготовление, эксплуатация.

Обеспечение надёжности ЭО АО на всех этапах ЖЦ требует своевременности, полноты и объективности информации. Информация является определяющим фактором надёжности. Она может формироваться системой менеджмента качества (СМК) проектных, производственных и эксплуатационных предприятий, которая разработана и сертифицирована на соответствие международных стандартов (МС) iso 9000 и российских стандартов ГОСТ Р

ИСО 9000, а затем использоваться для программного инструментария по автоматизированному управлению предприятиями (АСУ) в части обеспечения надёжности.

МС ISO 9000, базирующиеся на принципах всеобщего менеджмента качества (TQM), являются основой производственного партнёрства между проектантами, производителями, эксплуатационниками для обеспечения надёжности ЭО АО при условии развития коммуникаций и умения управления информацией.

При разработке сложных технических изделий используются PDM-системы (Product Date Management), обеспечивающие доступ к проектной информации и управление процессами проектирования. Основным назначением PDM-систем является управление информацией об изделии на протяжении всего его ЖЦ. С помощью CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) осуществляется как внутренняя (в среде самого предприятия), так и внешняя информационная интеграция, а также создаётся электронная модель изделия. На основе этой модели должна существовать возможность получения всех данных в процессе эксплуатации изделия.

СМК на основе стандартов ISO 9000 позволяет обеспечить полноту информации о ЭО АО на всех этапах ЖЦ и таким образом поддерживать требуемый уровень надёжности. Полнота и надёжность хранения информации в электронном виде позволяет существенно снизить затраты на обработку и хранение информации, гораздо более эффективно и рационально воспользоваться технологиями автоматизированного моделирования надёжности объектов. Эффективное управление информационными потоками и оперативное принятие решений по обеспечению надёжности ЭО АО на всех этапах ЖЦ возможно при условии функционирования в проектных, производственных и эксплуатирующих предприятиях автоматизированного управления, содержащего системы PDM, ERP и САПР.

УДК 004.773.5

И. Н. КУДРЯШОВ

## ЗАЩИТА ГОЛОСОВЫХ ТРАНСЛЯЦИЙ VoIP

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Прослушать чужие разговоры при передаче голоса по IP намного проще, чем в случае классической телефонии. Это утверждение касается и корпоративных сетей, но в первую очередь относится к соединениям через Internet. Конечно, для обеспечения конфиденциальности можно применять те же методы, что и при защите традиционной передачи данных, а именно - шифрование или VPN. Однако их внедрение должно отвечать специальным требованиям к качеству голосовой связи.

Системы передачи голоса по IP, равно как и традиционные телефонные системы, ни в коем случае нельзя считать защищенными от прослушивания. До сих пор для прослушивания телефонных разговоров использовались микропередатчики (миниатюрные подслушивающие устройства) или "отводы". В принципе, этими же методами можно пользоваться и в IP-телефонии, правда, с небольшими изменениями в способе действия. Многие коммерческие анализаторы сигнализации и качества передачи речи предлагают функцию декодирования голосовых данных.

Из сигнальной информации, курсирующей между конечным пунктом и привратником, можно извлечь IP-адреса и данные о получателе, после чего голосовые пакеты, передаваемые посредством протокола передачи данных в реальном времени (Real Time Transmission Protocol, RTP), можно будет перехватить на их пути между конечными пунктами и декодировать при помощи соответствующего голосового кодека. Наряду с копированием и, соответственно, перехватом пакетов в сети, можно использовать еще одну возможность контроля - конференцию через узел управления многосторонней связью (Multipoint Control Unit, MCU). По окончании прослушивания сигнальных данных MCU вмешивается посредством конференции, а потом микширует и копирует голосовые пакеты, так что их можно декодировать.



Незашифрованную передачу голосовых данных через общедоступную сеть Internet нельзя назвать безопасной. Обеспечить безопасность передачи данных через Internet можно через виртуальные сети. Виртуальные частные сети организуются, как правило, с помощью стандартных решений на базе IPSec. Они позволяют безопасно передавать данные по защищенным транспортным сетям. При этом различают виртуальные частные сети между узлами (Site-to-Site-VPN, S2S-VPN) и виртуальные сети для удаленного доступа (Remote VPN). S2S-VPN с обеих сторон имеет по шлюзу VPN между надежной и ненадежной областями. В случае же VPN для удаленного доступа шлюз стоит только с одной стороны, а с противоположной стороны защищенного соединения находится компьютер с клиентом Remote VPN.

Наряду с защитой от прослушивания, а также использованием виртуальных частных сетей и брандмауэров большое значение имеет общая надежность (готовность и защита доступа) сервера VoIP. При этом под серверами VoIP подразумеваются все компоненты в сети, за исключением конечных пунктов. Основными составляющими сервера VoIP являются подпроцессы привратника, шлюза и управления многосторонней связью. Они могут быть собраны в одной системе или распределены по всей сети. Наличие такой децентрализованной архитектуры обеспечивает возможность функционирования системы VoIP, несмотря на отказ одного из компонентов.

Даже если описанное исполнение не охватывает все вероятные аспекты, наиболее значительные опасности удалось перечислить. Важно осознавать и учитывать эти опасности при внедрении системы VoIP. Результатом станут открытые коммуникационные системы, которые будут отвечать необходимым требованиям к безопасности.

УДК 004.057.4

В.В. КУЗЬМИН, М.В. КУЗЬМИН, А.С. СОКОЛОВ

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ P2P (PEER-TO-PEER) ТРАФИКОМ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В рамках данного исследования рассматривалась проблема идентификации и ограничения P2P (peer-to-peer) трафика для отдельных узлов пиринговой сети на базе сети оператора связи. Задачей этого исследования является разработка методов, на основе которых можно создать гибкое и расширяемое средство фильтрации и управления трафиком в пиринговой сети.

Пиринговые (от англ. peer-to-peer, P2P — точка-точка) сети — это компьютерные сети, основанные на равноправии участников. В таких сетях отсутствуют выделенные серверы, а каждый узел (peer) является как клиентом, так и сервером. Основная область применения технологии пиринговых сетей — это обмен файлами. Но в отличие от других протоколов передачи P2P-протоколы очень трудно идентифицировать и поэтому фильтрация данного вида трафика — технически сложная задача (P2P-протоколы не имеют фиксированных номеров портов для соединений, причем каждый P2P протокол имеет уникальную, не похожую на других, логику поиска узла и передачи данных).

Для каналов связи с небольшой пропускной способностью вопрос идентификации и управления P2P трафиком является наиболее актуальным. Так как такой канал связи (с небольшой пропускной способностью), обеспечивающий общий доступ к сети Интернет, может быть полностью перекрыт peer-to-peer трафиком отдельных узлов сети и сделать невозможным доступ к ресурсам глобальной сети остальным её участникам. Поэтому в процессе данного исследования основным принципом при построении гибкой системы распределения трафика является обеспечение комфортной работы пользователя в сети связи.

Рост числа файлообменных серверов, трекеров и других сервисов, предполагающих одноранговую коммутацию её участников в глобальной сети, способствует увеличению об-

щей доли P2P трафика в сетях провайдеров связи. Данная проблема является критичной в основном для небольших провайдеров связи и IT служб предприятий.

Наиболее распространенное решение данной проблемы – это запрет доступа на сайты трекеров и других подобных ресурсов. Данный подход имеет существенные недостатки: последние версии клиентского ПО не нуждаются в трекерах и могут самостоятельно находить компьютеры, где находится нужный файл.

В работе был разработан новый метод решения данной проблемы - фильтрация P2P трафика, за счет работы с протоколами низкого уровня и набором встроенных в ядро ОС Linux утилит, позволяющих идентифицировать IP пакет, основываясь на его содержимом и дальнейшей классификации пакетов по их назначению, без привязки к номеру порта.

Результатом данной работы стал разработанный набор модулей, правил (для htb - дисциплина управления исходящим трафиком и iptables – средство управления работой меж-сетевого экрана netfilter), используемых в ОС Linux и обеспечивающих гибкую систему управления трафиком абонентов.

Использование созданных модулей и правил в реальной сети и сравнение полученных результатов предложенного метода с другими вариантами решения описанной проблемы позволяют сделать вывод об эффективности рассмотренного метода в сетях с малой пропускной способностью.

УДК 681.3.06

П.С. КУЛЯСОВ, Е.А. НИКУЛИН

## **ИССЛЕДОВАНИЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ИЗЛУЧАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОКОРЕАЛИСТИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С момента появления компьютерной графики одной из самых актуальных задач является построение высокореалистичных изображений. Для генерации изображений, реалистично симулирующих реальную сцену, требуется моделирование физического поведения света при его распространении по сцене. Так как яркость света и его распределение подчиняются принципам переноса и сохранения энергии, последние должны быть учтены при необходимости моделирования различных источников света и материалов в одной сцене.

Все существующие методы построения реалистичных изображений делятся на две группы. Первая группа методов – методы локальной освещенности – не позволяют получать изображения с учетом сложных оптических эффектов, законы оптики учитываются приближенно, крайне сложен расчет освещенности при наличии протяженных источников света. Вторая группа методов – методы глобальной освещенности – рассчитывают освещенность каждого объекта с учетом всей сцены, т.е. других объектов, их расположения и характеристик. Благодаря этому можно учитывать сложные оптические эффекты и строить изображения в соответствии с физическими законами оптики, что позволяет получать более реалистичные изображения. К этой группе и относится метод излучательности.

В основе данного метода лежит закон сохранения энергии в замкнутой системе. Благодаря этому могут быть получены высокореалистичные изображения с мягкими тенями, протяженными источниками света и с учетом эффекта диффузного отражения света. Метод состоит в выполнении следующей последовательности действий:

1. Разбиение объектов сцены на фрагменты.
2. Составление уравнения энергетического баланса для каждого фрагмента путем вычисления форм-факторов (доля энергии, переносимой с одного фрагмента на другой).
3. Решение системы уравнений баланса с целью нахождения излучательностей для каждого фрагмента.

#### 4. Построение изображения с учетом найденных излучательностей.

Каждый из перечисленных этапов представляет собой отдельную проблему, причем наиболее сложными являются первые две. Увеличение количества фрагментов увеличивает объем вычислений, а уменьшение вызывает ухудшение качества изображения. Поэтому необходим адаптивный механизм разбиения, учитывающий геометрию сцены. Расчет форм-факторов сам по себе является достаточно сложным, ввиду чего существующие методы основываются на допущении, что все объекты отражают диффузно, позволяющем значительно упростить расчеты.

Следует отметить, что практическое применение метода излучательности не ограничивается областью компьютерной графики. Данный метод может применяться в области инженерной экологии и охраны труда – для расчета и нормирования производственного освещения, а также в архитектуре – при проектировании зданий.

Таким образом, основными целями данного исследования являются, во-первых, нахождение возможности улучшения существующего классического алгоритма метода излучательности (адаптивный механизм разбиения на фрагменты и учет зеркального отражения и преломления), и, во-вторых, программная реализация метода с применением распараллеливания вычислений для ускорения расчетов.

УДК 519.6

Л.А. ДЕМИДОВА, А.А. КОПЫТОВ

### **ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СИСТЕМ**

Рязанский государственный радиотехнический университет

Одной из самых известных задач комбинаторной оптимизации является задача коммивояжера. Задача заключается в отыскании самого короткого маршрута, проходящего через указанные города с последующим возвратом в исходный город. В качестве исходных данных используется матрица расстояний между городами. Общая постановка задачи, впрочем, как и большинство её частных случаев, относится к классу NP-сложных задач.

Предлагаемый алгоритм, основанный на искусственных иммунных системах, эффективен как метод параллельного поиска для решения задачи оптимизации мультимодальных функций. Частями такого алгоритма являются как простейшие алгоритмы (случайный подбор решений, жадный алгоритм) так и модификации более эффективных алгоритмов (алгоритм ветвей и границ, генетический алгоритм). Антиген рассматривается как задача, которую необходимо решить, а антитело – как вектор, наилучшим образом соответствующий её решению. Рассматриваемый алгоритм позволяет одновременно хранить несколько векторов поиска для нахождения кратных решений. В нем реализована возможность решения геометрической задачи коммивояжера (также называемой планарной или евклидовой, когда матрица расстояний отражает расстояния между точками на плоскости), треугольной задачи коммивояжера (когда на матрице расстояний выполняется неравенство треугольника), симметричной и асимметричной задач коммивояжера.

Таким образом, по отношению к генетическому алгоритму искусственный иммунный алгоритм можно рассматривать как алгоритм более высокого уровня. Его отличительная черта заключается в наличии механизмов поддержания разнообразия векторов решений и обучения, отсутствующих в случае генетического алгоритма. Иммунный алгоритм обладает набором важных свойств, включая воспроизводство кандидатов на решение, распределенных на всем пространстве параметров, массовую выработку методом проб и ошибок различных направлений поиска вокруг наиболее подходящих начальных точек, а также эффективный параллельный поиск, стартующий с набора точек, запоминаемых обучающей функцией.

Использование предлагаемого подхода позволяет решать задачи комбинаторной оптимизации с полиномиальной, а не экспоненциальной степенью сложности. С помощью искусственных иммунных систем можно решить не просто любую NP-сложную задачу, а абсолютно любую задачу. Они имеют огромный потенциал и не удивительно, что с каждым днем искусственные иммунные системы находят применение во всем окружающем мире. Дальнейшие исследования в предлагаемом направлении позволят по-новому взглянуть на решение широкого спектра прикладных задач.

УДК 623.19.47

Н.А. ВАГИНА

## ЭЛЕКТРОННОЕ ПОСОБИЕ «ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Знаменитый российский учёный, доктор философских наук, профессор И. М. Ильинский в своей книге утверждает, что образование «должно носить упреждающий, опережающий характер, способствовать конструированию и строительству новой реальности».

Каким образом образование может опережать жизнь? Понятно, что преподавать то, чего ещё нет, невозможно. Но давать учащемуся самые современные знания, одновременно ориентируя его на решение основополагающих, концептуальных вопросов, – можно.

В связи с этим в настоящее время широко используются электронные средства обучения. Уникальный способ подачи учебного материала, лучшие традиционные и инновационные методы, средства и формы обучения, основанные на компьютерных и телекоммуникационных технологиях – всё это является неотъемлемыми преимуществами данной формы обучения. Поэтому разработка учебного пособия соответствующего направления является актуальной задачей.

Для разработки электронного пособия автором был выбран один из важнейших разделов математики – дифференциальные уравнения. Поскольку сегодня трудно представить себе область науки или производства, в которой не возникала необходимость использования дифференциальных уравнений.

Разработка именно этого направления была также предопределена тем фактом, что существующая литература по данному курсу, как показал опыт, достаточно трудно усваивается учащимися, которые впервые сталкиваются с данным разделом математики.

Структура данного пособия предполагает наличие теоретического материала, разбитого на соответствующие разделы, примеров решения задач и блока самопроверки после каждого параграфа, дополнительной литературы и исторических страничек, посвященных ученым, внесшим вклад в развитие данного направления математики. Кроме того создана тестирующая система, задания в которой преподаватель может редактировать по своему усмотрению, и организован поиск по ключевому слову в обширной теоретической части пособия.

Для упрощения доступа к данному пособию оно размещено на веб-сервере локальной сети института. К этому серверу имеют доступ все компьютеры института, подключенные к сети. Более того, любой пользователь Internet может воспользоваться всеми ресурсами данного продукта.

Общий доступ к пособию осуществляется по следующей схеме. Используя любой, имеющийся на компьютере веб-браузер, пользователь, обращаясь по адресу [difur.apingtu.edu.ru](http://difur.apingtu.edu.ru), попадает на главную страницу электронного методического пособия "Дифференциальные уравнения". Вся информация, содержащаяся в пособии, хранится в базе данных, для управления которой используется система управления базами данных (СУБД) MySQL. Все php-страницы обрабатывает веб-сервер Apache. Указанное выше ПО является бесплатным и кроссплатформенным. Кроме того, Apache обладает такими досто-

инствами, как надёжность и гибкость конфигурации. Он позволяет подключать внешние модули для предоставления данных, использовать СУБД для аутентификации пользователей, модифицировать сообщения об ошибках и т. д.

Все данные хранятся в универсальной кодировке UTF-8, которая позволяет создавать многоязычные сайты, не имеет проблем с отображением "экзотических" символов. Безусловно, немаловажным фактом является то, что кодировка UTF кроссплатформенная.

УДК 681.3

Е.С. ШЛЯПИН

## ПРИМЕР СОЗДАНИЯ СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Существует несколько принципиально разных способов визуализации трёхмерных сцен, различающихся как скоростью визуализации, так и качеством итоговой картинки.

Одним из способов является метод трассировки лучей. Используя сложные алгоритмы, этот метод позволяет визуализировать сцену с большим показателем фотореализма. Ценой высокого качества картинки, является ресурсоёмкость данного метода (колоссальное количество времени). Несмотря на это, метод трассировки лучей активно используется в случаях, где достаточно визуализировать сцену статично всего один раз (в кинематографе, для создания спецэффектов и декораций).

Для решения проблемы, связанной с отрисовкой динамических сцен, используют метод визуализации, называемый «растеризация». При растеризации повышается скорость обработки и визуализации сцены ценой понижения качества картинки. Так например, при визуальном создании трёхмерных сцен используется данный метод, что позволяет художникам спокойно манипулировать моделями. Также этот метод применяется в компьютерных играх, где динамическое изменение окружения является неотъемлемой частью игрового процесса.

При растеризации трёхмерная модель задаётся, как правило, набором треугольников, состоящих в свою очередь из вершин. Процесс растеризации довольно сложен, и заключается в сканировании строк двумерного массива, представляющего цель визуализации (будь то файл-картинка на жестком диске, или буфер экрана). При сканировании находятся вершины треугольников, для которых рассчитывают освещение. Сам же треугольник заполняется определённым цветом в зависимости от выбранной модели освещения. В результате мы можем видеть на экране спроецированный треугольник.

При растеризации часто используются аппаратные ускорители, специальные устройства, специализированные на визуализацию трёхмерных сцен. Сейчас таких устройств существует огромное количество, и было бы нерационально создавать средства визуализации, специфичные для какого-нибудь одного устройства. Для решения этой проблемы было создано АПИ, позволяющее программисту абстрагироваться от спецификации устройства, и создавать средства визуализации общие для всех устройств, поддерживающих технологии данного АПИ. Примером такого АПИ может служить DirectX, разработанный компанией Microsoft. Само графическое АПИ по сути является лишь машиной состояний, и программировать на нём довольно сложно.

Целью представляемой работы является создание средства визуализации реального времени, позволяющее абстрагироваться от низкоуровневых задач, таких как умножение положения вершин на матрицы трансформации. Благодаря этим средствам, программист может оперировать не потоком сухих данных, представляющих треугольники и вершины, а сущностями, сетками, камерами, источниками света, и другими составляющими сцены. Достигнуть такого уровня абстракции можно, выделяя отдельные объекты сцены в классы, представляющие интерфейсы для управления этими объектами. Так треугольники, визуализируемые с

одним и тем же материалом, выделяются как «поверхности». Поверхности объединяются в сетки, те же в свою очередь являются «сущностями», которые можно перемещать, вращать в пространстве или объединять в иерархии. Такие средства визуализации называют «графическими движками» (от англ.: Graphic Engine). Они требуются для создания средств визуального создания трёхмерных моделей (примером могут служить такие пакеты как 3D Studio Max, Maya), для создания игр и для многих других задач.

УДК 002.5:004

А.А. СЕВРЮКОВ, М.А. СЕВРЮКОВ

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПО ДАННЫМ С ЦИФРОВЫХ КАРТ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основой представления данных для геоинформационных систем и автоматизированной картографии являются цифровые модели. Под цифровой моделью географического объекта понимается определенная форма представления исходных данных и способ их структурного описания, позволяющий восстанавливать объект путем интерполяции, аппроксимации или экстраполяции. В настоящее время широкое применение получили цифровые модели рельефа местности, являющиеся неотъемлемой частью современных геоинформационных систем и технологий.

Для создания модели поверхности рельефа местности возможно получение данных из геоинформационной системы MapInfo. Координаты точек изолиний с цифровых карт формата MapInfo экспортируются в файл. По этим данным с помощью разработанного авторами программного обеспечения производится расчет и моделирование поверхности рельефа местности района исследования.

Существует широкий набор методов интерполяции для анализа рельефа местности, которые можно объединить в две группы: детерминированные и геостатистические.

Детерминированные методы интерполяции базируются на технике создания поверхностей по известным значениям в отдельных точках путем продления закономерностей распределения значений по мере удаления от точек (т.е. угасание влияния каждой известной точки пропорционально расстоянию удаления от нее - метод обратно взвешенных расстояний - IDW), или путем сглаживания различий (Spline функции). К этой группе относятся следующие методы интерполяции:

- обратно-взвешенных расстояний (Inverse Distance Weighted);
- глобальный полиномиальный (Global Polynominal);
- локальный полиномиальный (local Polynomynal);
- базовых радиальных функций (Radial Basis Functions).

Геостатистические методы интерполяции базируются на статистических закономерностях, то есть используются для более точного и сложного моделирования, включая оценку ошибок и построение вероятностных параметров поверхностей. Данная группа методов создает не только саму интерполированную поверхность, но также поверхности ошибок и вероятности интерполированных значений, что позволяет оценивать точность получаемых результатов.

В нашем случае значения высот, полученные с цифровых карт известны лишь в отдельных точках, причем количество таких точек невелико, в связи с этим основным расчетным методом поверхности рельефа местности выбран метод обратно-взвешенных расстояний.

Разработанное авторами программное обеспечение позволяет рассчитывать поверхности рельефа местности, используя также методы минимального расстояния и триангуляции Делоне. Возможности программного обеспечения позволяют сравнивать результаты расчета поверхностей рельефа местности, полученные с применением различных методов интерполяции, и делать вывод о предпочтительности использования конкретного метода для определенного района исследования.

УДК 004.421.6

А. В. СУПРУНЕНКО

## АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СМЫСЛОВЫХ ТИПОВ РЕЧИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Задача автоматической классификации текста на естественном языке в настоящее время решается путем нахождения максимально вероятной рубрики в плоском или иерархическом классификаторе с использованием статистических методов (теорема Байеса, алгоритм PrTFIDF и др.). Но существующие алгоритмы не учитывают принадлежность текста к определенному функционально-смысловому типу речи, вследствие чего не вносят соответствующих поправок в рассчитанные частотные характеристики текста. Также рассмотренные алгоритмы позволяют классифицировать текст по одному направлению (принадлежность к рубрике, либо к дереву рубрик). Предлагаемый алгоритм позволяет отнести текст к определенному функционально-смысловому типу речи и внести соответствующие поправки в рассчитанные характеристики текста. На выходе текст оценивается по двум факторам классификации Синклера-Шарова, определяющим возрастную и тематическую принадлежность текста.

Предлагается следующая последовательность действий:

1. Нормализация порядка слов в предложении. Предложения нормализуются с использованием типологии порядка слов (используется модель SVO: Subject-Verb-Object, соответствующая русскому, английскому и др. языкам).

2. Определение функционально-смыслового типа речи. На этом шаге по ряду характерных признаков определяется один из трех функционально-смысловых типов речи. На основе определенного типа распределяются веса частей речи для нормализации вектора частотной характеристики, получаемого на шаге 4.

3. Нормализация слов в предложениях. Подразумевает приведение имен существительных к форме единственного числа именительного падежа, прилагательных – к форме единственного числа мужского рода, глаголов – к неопределенной форме. Также возможны замены местоимений на соответствующие имена существительные. Остальные части речи исключаются из рассмотрения. Данный этап дает возможность использовать системный словарь для вычисления частотных характеристик текста на шаге 4.

4. Частотный анализ с учетом определенного на шаге 2 функционально-смыслового типа речи. На этом шаге вычисляются частоты вхождения содержащихся в системном словаре слов в анализируемый (входной) текст. Полученные частотные характеристики нормализуются с учетом весов частей речи (шаг 2) и порядка слов в предложении (шаг 1).

5. Классификация текста проводится при помощи нейросетевого классификатора. На вход сети подается полученный на 4-м шаге вектор частотной характеристики. Для классификации текста предлагается использовать два фактора классификации Синклера-Шарова – E3 (aims), в аспекте, определяющем влияние текста на аудиторию (возрастное деление аудитории), и фактор П (topic), определяющий принадлежность текста к какой-либо предметной области.

Приведенный алгоритм ориентирован в основном на русско- и англоязычные тексты. Предполагается его использование в системе фильтрации веб-контента для автоматического определения рекомендаций по допуску аудитории к запрашиваемому ресурсу.

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ МНОГОФАЗНОГО РАСХОДОМЕРА  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕБИТА НЕФТЕВОДОГАЗОВОГО ПОТОКА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им Р.Е. Алексеева)

Жидкие углеводороды – нефть, нефтепродукты, газовые конденсаты являются дорогостоящими энергоносителями, поэтому достоверные измерения и учет их количества являются важными, актуальными и достаточно сложными задачами.

Нефть из скважин всегда поступает с газом, поэтому ее относят к двухфазным средам (нефть + газ). Как правило, продукт, выходящий из нефтяных скважин, состоит не только из нефти и газа, но и сопутствующей им воды, т. е. является трехкомпонентным (нефть + вода + газ). Многочисленными лабораторными и стендовыми исследованиями различными авторами были приняты и подтверждены следующие структуры газожидкостного потока в вертикальной трубе: пузырьковый, снарядный, кольцевой, дисперсионный, переходные режимы. Как правило, не существует четких границ перехода от одной структуры течения к другой. Однако наиболее вероятным является снарядный режим течения.

На сегодняшний день разработан и апробирован целый ряд различных методов измерения тех или иных характеристик потоков, каждый из которых имеет свою область применения, а также достоинства и недостатки. Классифицировать методы целесообразно по виду измеряемой физической величины, что ведет к их делению на механические (статистические и динамические) и методы, основанные на измерении характеристик поля: электромагнитные, оптические, ядерно-физические и тепловые. Первые, основаны на измерении вещественных параметров среды. Причем, динамические методы фактически являются акустическими или вибрационными, использующими различные частотные диапазоны волн от инфразвука до ультразвука, а статистические методы в литературе обычно называют механическими или прямыми. В основу остальных положено измерение параметров электромагнитного или теплового поля, а также ядерного излучения.

Количество и разнообразие существующих методов и приборов свидетельствует об отсутствии универсальных методов измерения многофазных потоков, пригодных для практического применения, и о продолжении поиска новых средств и приемов контроля нефтеводогазовых потоков.

Для дальнейшего повышения качества проводимых измерений необходимо использовать не только физические – конструкторские, технологические, эксплуатационные – возможности, но и информационные. Имея информацию в виде многофакторной математической модели и зная значения факторов (условий), сопровождающих процесс измерения, можно получить информацию о приведенных погрешностях и, следовательно, более точно знать измеряемую величину

В случае, когда модель зависит от нескольких факторов, и вид этой зависимости неизвестен, для построения модели может с успехом применяться метод группового учета аргументов, основанный на передаче лучших моделей из одного ряда селекции в другой. При использовании этого метода экспериментальные данные должны быть разделены на обучающую и проверочную последовательности. В проверочную последовательность первого ряда селекции входят эксперименты, имеющие минимальную величину относительной погрешности оценочных значений эксперимента, остальные эксперименты относятся к обучающей последовательности первого ряда селекции. По обучающим точкам находятся численные значения коэффициентов регрессий, а по проверочным - среднеквадратичное отклонение.

В итоге была зафиксирована погрешность измерения расхода нефти, воды и газа с отклонением оценочных значений от замеренных при калибровке не более чем на 2%. Это свидетельствует о том, что регрессионное описание движения двухфазной трехкомпонентной среды проведено удовлетворительно.



## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЯЗЫКОВ В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОНФИГУРАЦИИ СЛОЖНЫХ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ**

НФ ГУ-ВШЭ

За последние десятилетия компьютеры из громоздких машин для проведения вычислений превратились в сложные и производительные машины, способные решать гораздо более сложный класс задач. Основные задачи XXI века – это всевозможные решения для бизнеса, которые представляют собой все более и более сложные системы, например, системы ERP-класса.

Для программистов идеальной видится ситуация, когда для каждой конкретной задачи есть свой язык. Такие языки называются предметно-ориентированными языками (англ. Domain-specific language - DSL). Главное их преимущество – возможность сосредоточиться не на том, как моделировать, а на том, что моделировать. Иными словами, работа программиста и бизнес-аналитика четко разделяется.

Когда мы говорим о предметно-ориентированном подходе, затрагивается такое понятие, как уровень абстракции. Иерархия виртуальных машин – это взаимное отношение различных виртуальных машин, обеспечивающих создание разных уровней абстракции, внизу которой находится аппаратная составляющая. Очевидно, что по своей сути предметно-ориентированный язык представляет собой новый уровень абстракции, новую виртуальную машину поверх «базовых» языков программирования. Ранее переход к DSL упирался в ограниченные аппаратные возможности, однако с появлением более совершенной аппаратной составляющей создание нового уровня абстракции представляется вполне выполнимой задачей.

Помимо этого, предметно-ориентированный язык, за счет создания дополнительного уровня абстракции, позволяет решать проблему интеграции различных систем, очень актуальную в последнее время.

Понятие DSL достаточно новое, терминология еще не до конца устоявшаяся. Стоит понимать, что DSM (предметно-ориентированное моделирование – англ. Domain-specific modeling) – процесс моделирования с ориентацией на предметную область. В результате этого моделирования создается DSL. Плюсы DSL заключаются в отсечении лишних операций, связанных с применением общего языка под конкретную задачу, сокращение времени работы и исключение ошибок. Минус – это сложность самого создания DSL.

DSM-платформа – это среда разработки, позволяющая создавать и использовать DSL. Она содержит в себе компоненты по определению следующих составляющих: язык, генератор, редактор. В настоящее время есть несколько DSM-платформ, пользующихся определенным успехом и популярностью: JetBrains MPS (Meta Programming System), MetaEdit+, Microsoft's DSL Tools, GME, Eclipse Modeling Project.

Особого внимания заслуживает применение DSL для КИС (корпоративных информационных систем). Современные КИС имеют очень сложную структуру, поэтому программный продукт, упрощающий их конфигурацию и позволяющий проводить ее неквалифицированным в данной области сотрудниками, будет пользоваться значительным спросом на рынке ПО.

В рамках научной исследовательской работы на кафедре информационных систем и технологий был создан графический DSL для конфигурации open source ERP-системы OFBiz с использованием технологии Eclipse Modeling Project. После тестирования полученного ПО разработчиками под OFBiz выяснилось, что приложение такого плана может решить многие насущные проблемы, серьезно сократить время работы и уменьшить число ошибок.

## **КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ САД-ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

Основная цель создания программных средств технологической подготовки производства (ПС ТПП) заключается в повышении эффективности труда технологов, а в конечном итоге в сведении к минимуму субъективных и неоптимальных решений при технологическом проектировании. Для достижения этой цели необходимо располагать средствами информационной поддержки проектирования, автоматизации принятия решений, средствами оформления технической документации. Современные САПР ТП, внедряемые на промышленных предприятиях, по существу представляют собой СУБД технического назначения, обеспечивающие поиск технологических данных и быстрое заполнение технологической документации. Пока отсутствуют полноценные системы, позволяющие осуществить автоматизированный синтез технологических процессов (ТП) на основании конструкторско-технологических признаков детали. Это объясняется наличием трудно-формализуемых проектных задач и недостаточной разработанностью теории синтеза ТП. Организационным принципом работы таких технологий является параллельное проектирование (*concurrent engineering*), позволяющее выполнять конструирование изделия и технологическую подготовку их производства со значительным совмещением этих процессов во времени.

Предлагается использовать методологию параллельного проектирования на этапе рабочего проектирования для деталей типа «тела вращения» в среде AutoCAD и, таким образом, снять системное противоречие за счет решения технологических задач непосредственно в САД-системе, оснащенной интеллектуальной подсистемой технологического проектирования. Параллельно работе конструктора интеллектуальной подсистемой в теновом режиме синтезируется нормативный технологический процесс. Исходным массивом данных для синтеза ТП является массив конструктивно-технологических признаков детали. Улучшение качества ТП достигается за счет использования автоматизированного многовариантного проектирования, применения математических методов оптимизации параметров и структуры процессов. Таким образом, достигается важнейшее преимущество: на этапе рабочего проектирования осуществляется проверка обеспечения технологичности детали. Подсистема позволяет свести к минимуму субъективность принятия технологических решений, обеспечивает их оптимальность для производственных условий и качество. Таким образом, САД-проектирование деталей машиностроения обеспечивается квалифицированной технологической и метрологической поддержкой интеллектуальной подсистемой технологического сопровождения. Это позволит сократить сроки доработки изделий и повысить качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН**

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В настоящее время строительные организации располагают достаточным парком строительно-дорожных машин и автотранспортных средств, составляющих основу комплексной механизации строительства.

Содержание машин в технически исправном состоянии требует применения рацио-

нальных методов технического обслуживания и ремонта, внедрения новейших технологий. Правильная организация технического обслуживания и ремонта строительного-дорожного транспорта обеспечивает их эксплуатационную надежность.

Система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта машин основана на обязательном планировании проведения ТО и ремонта каждой машины.

Организации, на балансе которых находятся машины, должны разрабатывать годовые планы ТО и ремонта машин, а также месячные планы-графики ТО и ремонта машин.

Планирование ТО и ремонта строительного-дорожного транспорта проводится с целью определения объемов работ и установления затрачиваемого времени на техническое обслуживание. А на основе данных технологического расчета разрабатывается планировочное решение эксплуатационного предприятия для заданного парка машин.

Составляется производственная программа ремонтно-механической мастерской, которая регламентируется количеством ТО и ремонтов, а также трудовыми затратами на их выполнение за определенный период времени на весь парк. Основой расчета производственной программы ремонтно-механической мастерской является состав парка машин, определяемый по объему работ на заданную перспективу с учетом использования оптимальных технологий строительного производства.

Разработанная автоматизированная система управления работоспособностью строительных и дорожных машин позволит оперативно сформировать процессы технического обслуживания и ремонта, необходимые для обеспечения оптимальной работы парка машин.

Благодаря данной программе сокращается время на оценку и поиск альтернативных решений индивидуально для каждой машины. Программой выполняется расчет затрачиваемого времени как на выполнение каждой операции, так и суммарный расчет в целом.

Таким образом, с помощью разработанной программы не составит сложности, ответить на ряд вопросов, сформировать процессы технического обслуживания и ремонта парка машин с расчетом затрачиваемого времени и рассчитать оптимальное число постов.

УДК 669.017: 539.43

А.И. ГОРБУНОВ, А.В. МИРОНОВ, В.В. АНДРЕЕВ

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНАЛИЗА ВНУТРИСИСТЕМНЫХ СВЯЗЕЙ И ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ФУНКЦИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСТАЛОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Созданная информационная система прогнозирования показателей сопротивления усталости металлов позволяет помимо расчетов показателей сопротивления усталости металлов выполнять графическое представление результатов прогнозирования, а также выводить информацию, хранящуюся в базе данных (в форме графиков кривых усталости в различных системах координат). Необходимость проведения качественного анализа экспериментальных результатов с целью оценки влияния отдельных факторов и их совокупностей на показатели сопротивления усталости заставила реализовать в информационной системе функцию выборки и сортировки данных в соответствии с критериями, задаваемыми пользователем.

Использование этих операций позволяет производить выборку из общей совокупности данных кривых усталости в соответствии со сформированными критериями – для конкретной марки стали, температуры испытаний и т.д., то есть одним исследуемым фактором, а также выводить на экран (в выбранной системе координат) группу точек (кривых усталости), определяемых, например, их порядковым номером в базе данных или диапазоном изменения

номеров. Последний вариант формирования признака для выбора конкретной кривой усталости предполагает, что анализ данных будет выполнен предварительно самим пользователем.

Данные способы вывода не позволяют производить более сложные выборки типа: зависимые выборки, попарный отбор, стратометрический отбор, квотные выборки и т.д.

Для компенсации этого недостатка предполагается реализовать возможность дополнительного учета признаков среди уже выбранных точек (кривых усталости) путем изменения графического интерфейса программы с использованием различных существующих методов визуализации, которые могут конфигурироваться пользователем. При этом будет возможно настраивание не только цвета для выделения различных элементов выборки, но и элементов легенды - шрифта, который будет отличать выбранные нами кривые усталости, в том числе и кратким описанием, для более удобного использования и характеристики совокупности факторов, при которых получена конкретная кривая усталости, что позволит также выполнить проверку правильности работы программы и выявить ошибки. Путем переключения различного отображения (выбора формы представления) можно кардинально изменить внешний вид программы, выводить данные в двухмерной или трехмерной системе координат. Все это позволит выполнять сложные выборки данных, существенно расширить функциональность и производительность программы, а также более точно выявлять зависимости между факторами и прогнозировать расположение кривых усталости.

Благодаря удобному и понятному интерфейсу программа обеспечит быструю и эффективную работу с базой данных кривых усталости металлов, а также увеличит её функциональность.

УДК 519.816

И.В. ГУСЕВА, В.В. АНДРЕЕВ

## **КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Впервые понятие системы поддержки принятия решений (СППР) появилось в конце 60-х годов под названием Model-oriented Decision Support Systems – DSS, которая является аналогом системы управленческих решений, Management Decision Systems – MDS. Позже, в 1971 г. была опубликована книга Scott Morton, в которой впервые были описаны результаты внедрения СППР, основанной на использовании математических моделей.

В настоящий момент существует множество определений, отражающих в той или иной степени основную суть СППР. Но общепринятого определения нет. Это связано с тем, что конструкция СППР существенно зависит от вида задач, для решения которых она разрабатывается, от доступных данных, информации и знаний, а также от пользователей системы.

Система поддержки принятия решений (СППР) (англ. Decision Support System, DSS) представляет собой компьютерную автоматизированную систему, целью которой является помощь людям, принимающим решения в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР является результатом мультидисциплинарного исследования, включающего теории баз данных, искусственного интеллекта, интерактивных компьютерных систем и методов имитационного моделирования. СППР – в большинстве случаев – это интерактивная автоматизированная система, которая помогает пользователю использовать данные и модели для идентификации и решения задач и принятия решений. Для анализа и выработок предложений в СППР используются различные методы: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных, поиск знаний в базах данных, рассуждение на основе прецедентов, имитационное моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др.

В случае, когда в основе работы СППР лежат методы искусственного интеллекта, говорят об интеллектуальной СППР, или ИСППР. В отличие от формализованных методов решения (математических), неформализованные (методы искусственного интеллекта) или интеллектуальные СППР активно развиваются в области плохоформализуемых задач. Наряду с определениями существуют разного рода классификации СППР. Они в первую очередь зависят от автора. Например, Haettenschwiler (1999) делит СППР на пассивные (помогают процессу принятия решения, но не могут вынести предложение, какое решение принять), активные (могут сделать предложение, какое решение следует выбрать) и кооперативные (позволяют ЛПР изменять, пополнять или улучшать решения, предлагаемые системой, посылая затем эти изменения в систему для проверки). Существуют и другие классификации. В зависимости от данных, с которыми системы работают, СППР условно можно разделить на оперативные и стратегические. Оперативные СППР предназначены для немедленного реагирования на изменения текущей ситуации в управлении финансово-хозяйственными процессами компании. Стратегические СППР ориентированы на анализ значительных объемов разнородной информации, собираемых из различных источников.

УДК 621.5

Д.Ю. ЕРМАКОВ, В.В. АНДРЕЕВ

### **ПРЕИМУЩЕСТВА УДАЛЕННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И УПРАВЛЕНИЯ С ИНТЕРФЕЙСОМ ETHERNET ДЛЯ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ УЗЛОВ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Использование возможностей Ethernet-интерфейса позволяет осуществлять ввод данных практически на любом расстоянии от компьютера – в распоряжении пользователя все варианты, обеспечиваемые современными сетевыми технологиями (оптоволокно, беспроводная связь и т.д.). Подключив крейт к сети Интернет и назначив ему IP-адрес, можно контролировать процесс сбора данных с объекта, расположенного в любой точке предприятия. Использование крейт систем позволяет ощутимо снизить затраты на реализацию измерительных систем: нет необходимости приобретать дорогие промышленные компьютеры; исчезает зависимость от «капризов» более дешевых моделей промPC; нет необходимости тянуть сотни метров толстых кабелей от компьютера до измерительной системы; не нужно тратить деньги на встраиваемое ПО для организации удаленного и распределенного сбора данных; упрощается метрология измерительного комплекса, поскольку измерительная система LTR внесена в Госреестр как средство измерения. Преимущества программные: нет необходимости в написании ПО, реализующего удаленный или распределенный сбор данных; при необходимости можно легко добавлять свои функции на языке C, которые будут выполняться в реальном времени на встроеном процессоре Blackfin; при помощи таких функций можно реализовывать задачи, требующие обратной связи в жестком реальном времени, осуществлять предварительную обработку данных и многое другое; простые и хорошо документированные DLL библиотеки с примерами на C, Delphi и LabVIEW позволяют существенно сократить сроки создания законченной измерительной системы. Дополнительные возможности: для пользователей, разработавших собственное ПО для прежней версии крейтов с интерфейсом USB дополнительное преимущество заключается в том, что программное обеспечение, созданное для работы через интерфейс USB, без доработок может быть использовано и для работы через Ethernet (достаточно только установить новую версию программы *ltrserver*); наличие широкого спектра модулей АЦП, ЦАП и дискретного ввода-вывода позволяет создавать оптимальные по цене решения: от простых тензостанций до сложных систем вибродиагностики с обратной связью. Использование микроконтроллеров в изделиях не только

приводит к повышению технико-экономических показателей (надежности, потребляемой мощности, габаритных размеров), но и позволяет сократить время разработки изделий и делает их модифицируемыми, адаптивными, а также позволяет уменьшить их стоимость.

Сейчас, многие системы сбора данных, состоящие из аналогового коммутатора, усилителя выборки-хранения, АЦП, стали размещать на одной интегральной микросхеме, что сравнительно повлияло на скорость обработки данных, удобство в использовании и, конечно же, на их стоимость.

Возможность использования этих систем для передачи уже обработанных и частично выбранных данных на общий сервер предприятия позволит выявлять и заблаговременно устранять дефекты подшипников ответственных узлов машин и механизмов металлургического предприятия.

УДК 004.05

И.Б. КАЛАШНИКОВ

## КОМПОНЕНТНО-ШАБЛОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-САЙТОВ

ООО "Программ-Эксперт", г. Н. Новгород

В настоящей работе развивается компонентно-шаблонный подход к разработке веб-сайтов. Компонентно-шаблонная технология создания динамических веб-сайтов применяется в известных системах, например, в системе *uCoz*. В распределённой архитектуре веб-приложений логика веб-приложений и обработка запросов к базе данных обычно сосредоточена на серверах-приложений, а интерфейс страниц веб-сайта и кэш-данные веб-компонентов сначала формируются на серверах-приложений, а затем сохраняются на веб-сервере информационного узла клиента.

В отличие от существующих решений в разрабатываемой системе *DBRus* решена задача реализации пользовательских алгоритмов на серверном языке программирования (PHP) на серверах-приложений, что позволяет управлять формированием клиентских PHP-скриптов и кэш-данных веб-компонентов. Такой подход предоставляет практически неограниченные возможности реализации индивидуальных решений для каждого веб-сайта. В ней каждый сайт представлен набором разделов (каталог статей, новости, мини-форум, главная страница и др.), а каждый раздел сайта состоит из набора шаблонов веб-страниц. Количество шаблонов может быть любым в зависимости от сложности раздела, но должен присутствовать как минимум один шаблон.

Например, раздел «Новости» состоит из двух шаблонов. Первый шаблон задаёт страницу со списком новостей с группировкой, второй – саму статью и комментарии к ней. В шаблонах страниц помимо статического HTML-кода, а также формируемого с помощью серверного языка программирования динамического HTML-кода, можно подключать веб-компоненты. Подключение выполняется путём размещения соответствующего кода веб-компонента в шаблоне, например, для дерева статей код может быть таким:

```
%TREESTATE1(101,state1)%.
```

Здесь `TREESTATE1` – имя реализации веб-компонента «Дерево статей». Имя реализации уникально, по нему система определит класс веб-компонента. В любой веб-компонент могут передаваться параметры. В приведённом примере, `101` – идентификатор корневой папки дерева статей, `state1` – имя реализации веб-компонента «Статья». Если вторым аргументом указан `state1`, то при щелчке на статью в дереве статей будет выполнена автоматическая фоновая загрузка содержимого статьи и комментариев к ней в реализацию `STATE1` веб-компонента «Статья», соответствующий код которой также должен быть размещён в шаблоне. Шаблон, таким образом, выступает в качестве каркаса, в котором посредством *табличной* (TABLE) и *дивной* (DIV) вёрстки формируется общий вид страниц, и в определённых пользователем ме-

стах размещаются веб-компоненты. Оформление шаблона и веб-компонентов задаётся индивидуально в CSS-файлах, которые размещаются на веб-сервере клиента.

Веб-платформа *DBRus* позволяет разрабатывать собственные разделы сайта, шаблоны страниц и веб-компоненты, которые затем можно разместить в едином банке веб-компонентов и шаблонов веб-страниц для использования в других веб-сайтах, базирующихся на веб-платформе *DBRus*.

Предложенная технология может быть использована для создания множества разнообразных веб-сайтов – от простейших сайтов-визиток до корпоративных многофункциональных сайтов.

УДК 004.9

И.И. МЕЛУЗОВ

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА НАИЛУЧШЕГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Эффективная работа предприятия по эксплуатации строительных машин возможна только при налаженной системе планирования мероприятий по обеспечению работоспособности техники, учёта и анализа эксплуатационной информации. Применяемые на предприятиях информационные автоматизированные системы управления (ИАСУ) техническим обслуживанием и ремонтом (ТОиР) строительных машин способны автоматизировать лишь небольшую часть управленческих операций, так как они не содержат электронных каталогов машин, типовых ремонтных ведомостей, имеют весьма ограниченные аналитические возможности и зачастую основаны на использовании электронных таблиц Excel. Последние по своим возможностям совершенно не приспособлены для автоматизации управления ТОиР.

Основой информационно-автоматизированных систем управления являются расчеты элементов и деталей разнообразных машин. Срок службы машины, при котором затраты на приобретение и эксплуатацию, отнесенные к единице работы, минимальны называется оптимальным.

В данной работе с помощью среды объектно-ориентированного программирования C++ Builder был реализован алгоритм одного из методов расчета наилучшего ресурса строительных и дорожных машин.

В реальных условиях эксплуатации учитываются лишь затраты на запасные части, поскольку они подлежат бухгалтерской отчетности. Но именно расход запасных частей в наибольшей мере определяет изменение технического состояния машин. Существует тесная связь между затратами на запасные части и, поочередно, трудовыми затратами, затратами на материалы и компенсацию простоев. Поэтому критерием, характеризующим эффективное использование ресурса, считается расход запасных частей как функция наработки.

Основой метода оптимизации и управления надежностью машин в эксплуатации является определение интервальных затрат на запасные части и их аппроксимация функциями, возрастающими на интервале от 0 до  $t$ , где  $t$  - ресурс машины. Поэтому для оптимизации и управления ресурсом машин рассматриваются степенная, полиномиальная и показательная зависимости затрат.

Для эффективной работы с программой пользователю достаточно обладать лишь начальными знаниями работы с компьютером и данными для расчета. Созданная система сводит к минимуму материальные и временные средства, которые обычно затрачиваются на приобретение и эксплуатацию машин. Информационная система автоматизации расчетов оптимизации ресурсов строительных и дорожных машин, разработанная, прежде всего, для уменьшения затрат на приобретение и поддержание в работоспособном состоянии машин, делает возможным также осуществление долгосрочного планирования их эксплуатации по

заданным интервальным затратам на запасные части и стоимости машины.

УДК 004.72

М.Л. МОКЕИЧЕВА

## **СОЗДАНИЕ ДОМЕНА НА ОСНОВЕ WINDOWS SERVER 2003 В АУДИТОРИИ КАФЕДРЫ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

Организация доменной структуры на основе уже существующей сети рабочих станций – наиболее простой способ реализации домена. Компьютерные классы на кафедре «Информационные системы и технологии» обычно скомплектованы однотипными машинами, что наиболее удобно для реализации доменной структуры. Близкое расположение серверной, в которой будет размещен контроллер домена, указывает, что необходимо малое число коммутаторов. Это гарантирует меньшее число сбоев и более высокую скорость передачи данных. Для установки домена в аудиторию кафедры было решено использовать Windows Server 2003. Эта многозадачная операционная система, способная централизованно или распределенно управлять различными наборами ролей, в зависимости от потребностей пользователей. Одна из этих ролей – служба каталогов, система доменных имен (DNS).

Основная цель установки системы доменов в учебной аудитории – это необходимость обучения студентов специальности «Информационные системы и технологии» предмету «Администрирование ИС», а именно выполнения индивидуальных заданий, и, тем самым, приобретение знаний, умений и навыков для работы с операционной системой Windows Server 2003, устранения возможных проблем в процессе её обслуживания.

Минимальное установленное требование для домена – один сервер, работающий под управлением Windows Server 2003, который служит в качестве первичного контроллера домена и хранит оригинал базы данных учетных карточек пользователя и групп домена. Домен может также иметь другие серверы, работающие под управлением Windows Server 2003 и служащие в качестве резервных контроллеров домена, а также компьютеры, служащие в качестве стандартных серверов, серверов LAN Manager 2.x, клиентов Windows 2003 Workstation и других клиентов. Резервные контроллеры домена, работающие под управлением Windows Server 2003, хранят копию базы данных учетных карточек домена.

Все эти меры необходимы, чтобы к концу курса кафедра смогла выпускать квалифицированных и трудоспособных системных администраторов, которые бы смогли осуществлять обслуживание, настраивание, управление изученной операционной системой в любой современной бизнес-структуре, учреждении, в частном порядке.

УДК 536.42

Е.Е. ОРЕХОВА, А.А. ГНЕДОВА, В.В. АНДРЕЕВ

## **РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ «НЕКИПЯЩАЯ ВОДА – ПЕРЕГРЕТЫЙ ВОДЯНОЙ ПАР» ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью данной работы являлась разработка программы по определению теплофизических параметров воды и водяного пара, основанной на ИНС. Для ее создания был определен набор входных и выходных параметров сети. В качестве исходных данных рассматриваются известные термодинамические характеристики, предъявляемые ИНС, а в качестве искомым параметров – ожидаемые результаты работы ИНС. За входные параметры были взяты сле-



дующие пары термодинамических величин: давление и температура, энтальпия и энтропия, давление и энтальпия, давление и энтропия. Именно эти величины чаще всего известны при расчете интересующих параметров в рассматриваемой области. После определения исходных данных началось обучение сети и разработка программы.

После создания программы был произведен анализ ошибки определения значений искомых параметров сетью. Было взято несколько точек в различных областях и определено значение некоторых параметров. Значение этих же параметров при этих же исходных данных было определено по одной из расчетных программ, использующих результаты аналитической обработки скелетных таблиц термодинамических параметров. После чего вычислялась относительная ошибка определения значения параметров сетью. Разрабатываемая программа предназначена для определения параметров в области некипящей воды и перегретого пара. В этих областях наблюдается различное поведение параметров, в соответствии с чем они исследовались отдельно. Анализ проводился для случая, когда входные параметры – давление и температура, и проходил с повышением давления.

Были выявлены интересные особенности. Ошибка изменялась от параметра к параметру. Например, при давлении 0,15 МПа и температуре 90°C ошибка определения удельного объема, изобарной теплоемкости, скорости звука и теплопроводности составляла десятые доли процентов (0,31%, 0,12%, 0,54%, 0,13%, соответственно), а таких параметров, как внутренняя энергия, энтропия, энтальпия, динамическая вязкость – проценты (3,7%, 2,4%, 4,3%, 4,4%, 5,4%, соответственно). Но с повышением давления ошибка уменьшается. При давлении 13 МПа и температуре 200°C она составляла 0,087% для удельного объема, 1% для внутренней энергии, 0,91% для энтропии, 1,1% для энтальпии, 0,06% для изобарной теплоемкости, 0,081% для скорости звука, 2% для динамической вязкости и 0,11% для теплопроводности. На границе перехода от воды к пару наблюдается сильный скачок ошибки, который постепенно уменьшается по мере увеличения перегрева пара. При давлении 0,15 МПа ошибка резко увеличивается до 99% для удельного объема, 80% для внутренней энергии, 79% для энтропии, 81% для энтальпии, 103% для теплоемкости, 214% для скорости звука в среде, и – в тысячи раз для динамической вязкости и теплопроводности. В области высоких давлений этот скачок так же наблюдается, но уже не такой сильный. При давлении 13 МПа он составляет 35,8%, 18,1%, 15,8%, 19,4%, 6,67%, 29,5%, 20,3%, а так же 111% и 199% соответственно. По мере увеличения перегрева ошибка уменьшается. Причем в области более высоких давлений ошибка снижается быстрее.

УДК 532.5(12)

М.В. ТУРЧЕНКО, В.В. АНДРЕЕВ

## **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ “ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ – ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА” В ОБОБЩЕННЫХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из основных вопросов при проектировании гидравлических сетей является вопрос, связанный с определением потерь напора в трубопроводе. Как известно, гидравлические потери принято делить на два больших класса: местные – связанные с потерей энергии потока на преодоление всевозможных местных сопротивлений (изгиб трубопровода, различные интенсификаторы потока, диффузоры, конфузоры и т.п) и потери энергии, связанные с преодолением внутренних сил трения (вязкости), появляющихся при перемещении одного слоя жидкости или газа относительно другого в случае ламинарного движения, а в случае увеличения числа Рейнольдса на преодоление сил инерции, возникающих при взаимодействии рабочего тела при обтекании шероховатостей. Правильное определение величины гидравлического сопротивления имеет большое значение при проектировании и постройке са-

мых разнообразных сооружений, установок и аппаратов. На сегодняшний день в мире накоплено огромное количество опытных данных, связанных с определением коэффициента гидравлического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса, на основе которых строятся диаграммы по определению упомянутого коэффициента. Наряду с существующими справочными данными можно найти программы, в основе которых лежит экспериментальная зависимость Никурадзе, разбитая на участки в зависимости от режима течения жидкости или газа и описанная на данных участках соответствующими эмпирическими формулами. В связи с усложнением современных гидравлических конструкций встает вопрос об увеличении точности расчета трубопроводов и, как следствие, ставится задача по более точному определению коэффициента гидравлического сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса и конфигурации трассы. Данное обстоятельство приводит к необходимости усложнения лабораторных установок и значительному увеличению объема необходимых для принятия решения экспериментальных данных. Альтернативой такому дорогостоящему и малоэффективному способу исследования и проектирования является создание «интеллектуальных» (обучаемых) программ, которые способны на базе уже имеющихся данных спрогнозировать коэффициент гидравлического сопротивления, определить область или условия, при которых его значение будет минимально. Повышение эффективности работы таких программ, в свою очередь, требует предварительной обработки экспериментальных результатов, с целью получения обобщенных зависимостей, учитывающих в максимальной степени все разнообразие действующих условий и факторов. Одним из способов получения такой обобщенной зависимости может быть объединение различных экспериментальных данных на базе нормирования зависимостей «гидравлическое сопротивление – число Рейнольдса» и представления их в трехмерных системах координат, одна из осей, в которых представляет угол наклона левой ветви зависимости к оси чисел Рейнольдса. Величина данного угла учитывает всю совокупность действующих факторов и параметров, количественно описывающих исследуемую систему, и может рассматриваться как обобщенный критерий, в зависимости от которого могут быть рассортированы экспериментальные кривые, полученные в различных условиях.

УДК 004.04

М.Е. БУШУЕВА, А.С. ПОЖИДАЕВА

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИСТЕМАТИЗАЦИИ  
РЕЗУЛЬТАТОВ БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ СОСТОЯНИЯ  
МИКРОФЛОРЫ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ЛЮДЕЙ  
РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время актуальным направлением современной биологии, экологии и медицины является изучение микробиоты человека. В первую очередь это связано с открытием важнейшей роли нормальной микрофлоры, покрывающей в виде биопленки кожу и слизистые оболочки, участвующей в регуляции всех жизненно важных процессов целостного организма.

Многоуровневый анализ результатов бактериологических исследований микрофлоры желудочно-кишечного тракта, позволяющих определить 70 родов и 376 видов различных микроорганизмов, как представителей облигатной, так и условно-патогенной микрофлоры, даст возможность оценить частоту их встречаемости, циркуляцию среди различных возрастных групп населения в лечебно-профилактических учреждениях города и области и провести эпидемиологический мониторинг.

Ранее были предприняты попытки разработать математическую модель данных бактериологического обследования с учётом распределения показателей состояния микрофлоры кишечника здоровых и больных людей.

Целью настоящей работы являются сбор и систематизация результатов клинических обследований состояния микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека и проведение ретроспективного анализа качественного и количественного состава микрофлоры толстого кишечника различных возрастных групп населения.

На основании данных обследования 2145 как здоровых, так и больных людей, был создан программный продукт, обеспечивающий возможность систематизации лабораторных анализов и построения диаграмм по результатам бактериологических исследований.

Для хранения и обработки данных об обследованных пациентах и результатов бактериологических анализов была разработана система управления базой данных, доступ к которой программно организован таким образом, что пользователь может модифицировать и обрабатывать данные на уровне доступного и понятного ему графического интерфейса.

В настоящее время ведётся доработка данного программного продукта с учётом особенностей формирования микробиоценозов желудочно-кишечного тракта людей различных возрастных групп, а также дополнение её данными клинических анализов.

УДК 62-50.

Т.С. ВАГАНОВА

### ДИССИПАТИВНОСТЬ СТОХАСТИЧЕСКИХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Одним из основных методов исследования нелинейных систем является метод функций Ляпунова. Этот метод позволяет эффективно исследовать устойчивость автономных систем. В дальнейшем он получил развитие для решения задач синтеза управления. Здесь можно отметить несколько направлений: это метод функций Ляпунова-Беллмана для решения задач оптимальной стабилизации, метод управляющих функций Ляпунова, основанный на теореме Артштейна и методы, основанные на теории диссипативности по Виллемсу.

В последнее время проявляется повышенный интерес к теории диссипативности для стохастических систем. Благодаря обобщению теории диссипативности стало возможным исследовать непрерывные диффузионные системы с марковскими переключениями. В данной работе рассматривается нелинейная дискретная система, описываемая стохастическими дифференциальными уравнениями с марковскими переключениями:

$$(1) \quad x_{n+1} = a(x_n, r_n) + B(x_n, r_n)u_n + \sum_{l=1}^s \gamma_l [f_l(x_n, r_n) + G_l(x_n, r_n)u_n]v_{nl},$$

$$(2) \quad z_n = c(x_n, r_n), \quad n = 0, 1, \dots$$

Для данной системы вводится определение стохастической диссипативности. Система (1), (2) с функцией запаса  $W$  называется диссипативной на  $[0, \infty)$ , если существуют неотрицательная непрерывная функция накопления  $V: \mathcal{O}^k \times \tilde{\mathcal{A}} \rightarrow \mathcal{O}$  и неотрицательная непрерывная функция  $\mu: \mathcal{O}^k \times \tilde{\mathcal{A}} \rightarrow \mathcal{O}$ , такие, что выполняется неравенство экспоненциальной диссипации

$$(3) \quad E_{x,i} V(x_N, r_N) - V(x, i) \leq E_{x,i} \sum_{n=0}^{N-1} [W(u_n, r_n, z_n) - \mu(x_n, r_n)].$$

В работе развивается теория стохастической диссипативности для дискретных систем. Полученные результаты могут найти применение при решении задачи стабилизации в условиях вариации закона управления, что, в частности, имеет место в задачах адаптивного управления.

УДК 681.51

С.А. ВАЛОВ

### СИНТЕЗ СЕТЕВОЙ СИСТЕМЫ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧАЮЩИМ УПРАВЛЕНИЕМ И ПОТЕРЕЙ ПАКЕТОВ ДАННЫХ

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Современные системы автоматического управления представляют собой технически сложные устройства, включающие в свой состав большое количество подсистем и обеспечивающие решение комплексных задач. Перспективной и актуальной в настоящее время является задача построения и реализации алгоритмов управления с итеративным обучением,

обеспечивающая достижение системой заданной траектории за конечное время и устойчивость во время повторений в процессе обучения.

Цель данного исследования – попытка проанализировать систему с итеративным обучением при реализации ее в сетевой версии, с учетом возможных потерь пакетов данных. Включение в систему сети реального времени (дистанционного управления) особенно актуально для современных систем управления. Она предоставляет возможность распределенного подключения, простоту системной диагностики и низкую стоимость.

Итеративное обучение рассматривается как двумерный динамический процесс. Первый процесс отражает динамику системы во времени. Второй процесс отражает динамику итеративного обучения:

$$\begin{cases} x(t+1, k) = Ax(t, k) + Bu(t, k) \\ y(t, k) = Cx(t, k), \end{cases}$$

где  $t$  - дискретное время,  $k$  - номер шага обучения. Граничные условия задаются как:

$$x(0, k) = x_0, k = 0, 1, \dots$$

$$u(t, 0) = 0, t = 0, 1, \dots, N.$$

Закон итеративного обучающего управления представляется в виде:

$$u(t, k) = u(t, k-1) + \Delta u(t, k-1),$$

$$e(t, k) = y_r(t) - y(t, k),$$

где  $e(t, k)$  – ошибка на  $k$ -й итерации,  $y_r(t)$  – желаемая траектория системы.

Информация проходит через ненадежные коммуникационные узлы датчика, регулятора и исполнительного устройства, формирующего управляющий сигнал, с возможной потерей пакетов данных.

На основе методов проектирования сетевых систем разработана модель сетевой системы управления с итеративным обучением. Она учитывает количество потерянных пакетов данных  $d_k^{\text{ок}}$  и  $d_k^{\text{ку}}$  между текущей и последней успешной передачей на сторонах датчик-регулятор и регулятор - исполнительное устройство соответственно. Выпадение пакетов данных описывается с помощью двух независимых марковских цепей.

Полученная система представляет собой систему с двумя режимами ( $d_k^{\text{ок}}$  и  $d_k^{\text{ку}}$ ) и одной переменной задержкой  $d_k^{\text{ок}}$ , где переходы между состояниями описываются марковскими цепями. Закон управления задается в новой форме:

$$u(t+1, k) = \alpha(d_k^{\text{ку}})u(t, k) + (1 - \alpha(d_k^{\text{ку}}))[\bar{u}(t, k) + K(d_k^{\text{ок}})\bar{e}(t, k - d_k^{\text{ок}})]$$

$$\alpha(d_k^{\text{ку}}) = \begin{cases} 1, & \text{если } d_k^{\text{ку}} > 0 \\ 0, & \text{если } d_k^{\text{ку}} = 0, \end{cases}$$

где  $K(d_k^{\text{ок}})$  – совокупность управлений на основе  $d_k^{\text{ок}}$ .

Для однопакетной передачи данных по сети даются достаточные условия стабилизации системы в терминах линейных матричных неравенств. В настоящее время ведется работа по численному моделированию разработанной системы.

УДК 519.8 + 681.3

Н.А. ДУНИЧКИНА, Ю.С. ФЕДОСЕНКО, А.Ю. ШЛЮГАЕВ

## **ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ГРУППИРОВКИ ПРОСТРАНСТВЕННО РАССРЕДОТОЧЕННЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Волжская государственная академия водного транспорта

Рассматриваемая в докладе проблема возникла в связи с созданием компьютерных средств поддержки оперативного управления снабжением топливом плавучих дизель-электрических комплексов, осуществляющих русловую добычу нерудных строительных материалов в крупномасштабных районах внутреннего водного транспорта. Примерами таких

производственных полигонов в Приволжском федеральном округе являются Камский грузовой район (протяженностью порядка 400 км) и 4-й грузовой район на реке Белой.

КР характеризуются высоким темпом изменения оперативной обстановки, который, как следствие, налагает достаточно жёсткие ограничения не только на адекватность информационной среды принятия решений, но и на скорость автоматизированного формирования их проектов. Базовая модель, описывающая процессы обслуживания рассматриваемого типа при наличии единственного критерия оценки стратегий обслуживания, реализована программно.

Основное внимание в данном докладе уделяется формированию усовершенствованных, бикритериальных оптимизационных моделей обслуживания, обсуждению оптимально-компромиссных подходов к синтезу стратегий управления, построению и экспериментальному исследованию решающих алгоритмов, основанных, в том числе, на бикритериальном расширении метода динамического программирования, а также метаэвристической концепции поиска с запретами.

Полученные результаты подтвердили возможность создания рабочего программного комплекса для решения задач оптимизации оперативного планирования однопроцессорного обслуживания пространственно рассредоточенной группировки стационарных объектов.

УДК 519.8 + 681.3

А.С. КУИМОВА, Д.В. МИНАЕВ, Ю.С. ФЕДОСЕНКО

## **ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ОДНОПРОЦЕССОРНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОТОКА ОБЪЕКТОВ**

Волжская государственная академия водного транспорта

Перспективным направлением повышения эффективности реализации технологических процессов на внутреннем водном транспорте является организация оперативного управления ими на основе компьютерных средств поддержки, реализующих адекватные математические модели и оптимизирующие вычислительные алгоритмы.

В докладе рассматриваются математические модели однопроцессорного обслуживания потока объектов, описывающие во взаимосвязи между собой основные компоненты технологического процесса обработки судов на стационарном терминале.

Одна из двух рассматриваемых моделей является базовой, расширяющей каноническую путём введения дополнительного критерия оценки стратегий управления.

Вторую модель отличает от базовой однопроцессорной учёт специфических условий, накладываемых на стратегии управления процессами обслуживания в связи с ограниченностью используемого технологического ресурса. В данной работе в качестве такового выступает изодромный (накопительный) элемент, который моделирует резервуарный парк для хранения однородных нефтепродуктов, доставляемых в пункт выгрузки-погрузки речными крупнотоннажными танкерами и в дальнейшем развозимых конечным потребителям малотоннажным флотом. Такой технологический процесс характерен, например, для Салехардского речного порта, обеспечивающего снабжение дизельным топливом потребителей, расположенных в заполярной устьевой зоне реки Обь.

В докладе приводятся алгоритмы синтеза оптимальных стратегий управления, разработанные в рамках идеологии динамического программирования, ветвей и границ, а также современных метаэвристических подходов. Результаты экспериментальных исследований данных алгоритмов на тестовых наборах данных различных размерностей позволили сформулировать рекомендации для их наиболее рационального применения.

Предлагаемые в работе алгоритмы синтеза стратегий обслуживания реализуют наиболее общий подход к построению эффективных решений – парадигму бикритериальной Парето

то-оптимальности. Как показал наш опыт исследования реальных технологических процессов на внутреннем водном транспорте, именно такой подход является наиболее приемлемым в условиях непрерывно изменяющейся оперативной обстановки.

Полученные результаты создают теоретический задел для создания рабочего программного комплекса, ориентированного на решение задач диспетчеризации однопроцессорного обслуживания потоков объектов.

УДК 656.62.052.4-52

А.В. ПОПОВ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ ПРИ ВЕТРЕ**

Волжская государственная академия водного транспорта

Проведен ряд экспериментов для различных типов судов при варьировании внешних параметров в изменяющихся эксплуатационных ситуациях. Исследовалось влияние параметров алгоритма на качество управления. Рассмотрены эксплуатационные ситуации при различной скорости ветра: в условиях штиля, при ветре средней силы и штормовом ветре. Изменялись значения параметра стимулятора  $\tau$  и коэффициента усиления управляющего воздействия. При соответствующем их подборе уменьшаются амплитуда перекладки руля и длительность переходных процессов. Выполненная разработка позволяет осуществлять отладку алгоритма на объекте управления в процессе натурных испытаний на реальных судах.

Для отладки алгоритма управления были проведены эксперименты: установление начального курса; маневр расхождения судов; изменение частоты включения стимулятора.

При соответствующем подборе постоянной времени  $\tau$  стимулятора качество переходных процессов значительно улучшается. Для удержания судна на курсе требуется перекладка руля с меньшей амплитудой и меньшей длительностью переходных процессов. Данное условие позволит сэкономить топливо и уменьшить износ оборудования. В качестве тестового примера был взят маневр выхода судна на курс для двух разных скоростей ветра. Маневр смены курса проводился при увеличении скорости ветра на 10%.

В результате проведенных экспериментов выяснено, что у судна под управлением стандартного ПД авторулевого после окончания переходного процесса устанавливается колебательность на курсе. У авторулевого со стимулятором траектория восстановления курса значительно качественнее.

УДК 681.3

А.В. САМАРОВ

## **ЗАДАЧИ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ, РЕШАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ВРОЖДЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ СТРАТЕГИЙ ВОСПРИЯТИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из первичных механизмов стратегий восприятия является процесс микродвижения глаз – мелких, произвольных, тремороподобных движений, совершаемых глазами человека, при которых взгляд практически не отклоняется от своей средней позиции. Применение принципа микродвижений поля зрения с позиций теории активного восприятия, разработанной на кафедре ВСТ ИРИТ, позволяет эффективно решать ряд задач зрительного восприятия.

Если разделить изображение, попавшее в прямоугольное поле зрения на 256 равных фрагментов (16x16) и, в соответствии с теорией активного восприятия, применить Q-преобразование, будет получена основная матрица 16x16, каждый элемент которой отражает количество визуальной массы соответствующего фрагмента изображения на данном уровне восприятия  $M_{0,0} = \|m_{i,j}\|, i = 1..16, j = 1..16$ .

Смещая поле зрения, относительно средней позиции, на один фрагмент по осям x, y и xy, можно получить аналогичные матрицы  $M_{-1,0}, M_{1,0}, M_{0,-1}, M_{0,1}, M_{-1,-1}$  и т.д. Совершая над полученным набором матриц операции сложения и вычитания, можно получить матрицу смещения  $M'_{0,0} = \|m_{i,j}\|, i = 1..16, j = 1..16$ , которая наряду с основной матрицей  $M_{0,0}$  будет характеризовать фрагмент изображения, попавший в поле зрения.

Основным свойством матрицы смещения  $M'_{0,0}$  является то, что каждый её элемент имеет тем большее значение, чем больше суммарная разница между ним и соседними элементами на основной матрице  $M_{0,0}$ . Это свойство позволяет использовать матрицу смещения  $M'_{0,0}$  при решении ряда задач зрительного восприятия:

– выделение объекта изображения из фона – фон, как правило, имеет постоянную или плавно изменяющуюся яркость, в отличие от объектов, обладающих четко выраженными границами, поэтому, объекты небольших размеров (на данном уровне восприятия) на матрице смещения  $M'_{0,0}$  будут выделены и увеличены;

– выделение контуров объекта изображения – у объектов, имеющих достаточно крупные размеры в поле зрения, на матрице смещения  $M'_{0,0}$  окажутся выделенными границы в виде  $\varepsilon$ -линии шириной 2 фрагмента;

– выделение критических точек объекта изображения – чем отчетливее выступ объекта изображения (острее угол геометрической фигуры), тем сильнее среагируют на него матрица смещения  $M'_{0,0}$ , следовательно, в соответствии с теорией композиции её можно рассматривать как матрицу 16x16, каждый элемент которой отражает информативную значимость соответствующего фрагмента изображения в поле зрения;

– и, наконец, сравнивая между собой матрицы, полученные в процессе микродвижений поля зрения, можно корректировать его среднее положение относительно исследуемого объекта изображения, в процессе активного восприятия.

На уровне описания Q-пирамиды, матрицы 4x4 можно получить сложением соответствующих элементов основной матрицы  $M_{0,0}$  и матрицы смещения  $M'_{0,0}$ . К каждой из них могут быть применены U-преобразования и получены векторы характеристик изображения, попавшего в поле зрения.

УДК 62-50

Р.Н. ЖУЧКОВ, П.В. ПАКШИН

## **АЛОГИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ УДАЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ В КАНАЛАХ СВЯЗИ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева),  
Саровский физико-технический институт

В последнее время широкое распространение получили задачи построения стабилизирующего управления для систем с сетевой структурой. Существенной особенностью таких задач является наличие неопределенностей, вносимых каналом передачи данных. В данной



работе предлагается алгоритм стабилизации системы в условиях запаздывания прихода информации и потери части пакетов данных.

Рассматриваются линейные системы вида:

$$\begin{aligned}x_{k+1} &= Ax_k + Bu_k, \\ y_k &= Cx_k.\end{aligned}\tag{1}$$

Будем считать, что управление имеет вид  $u_k = -G\hat{x}_k$ , где  $\hat{x}_k$  - оценка вектора состояния, формируемым наблюдателем полного порядка:

$$\hat{x}_{k+1} = A\hat{x}_k + Bu_k + K(y_k - C\hat{x}_k).\tag{2}$$

В каждый момент времени рассматриваемая система может находиться в двух состояниях: информация об объекте доступна или пакет данных потерян, и информация о текущем состоянии отсутствует.

Система (1) рассматривается как стационарная марковская цепь с известной матрицей перехода. Для построения стабилизирующего управления используется аппарат функций Ляпунова и линейных матричных неравенств.

Для учета запаздывания принятия пакетов данных вводится случайная величина  $\tau_k$  - время задержки сигнала. Показано, что учет данной величины может быть достигнут приданием системе дополнительного запаса устойчивости ( $\Delta$ ). Величина запаса устойчивости для системы (1) может быть определена из неравенства:

$$A^{-1}(e^{A(h+\tau)} - e^{Ah}) \leq \Delta,\tag{3}$$

где  $h$  - интервал дискретизации,  $\tau$  - максимальное значение задержки.

Важным моментом при построении стабилизирующего управления является гипотеза о возможности разделения связанной системы (1)-(2) на две независимых системы для нахождения матриц  $G$  и  $K$ .

Таким образом, для построения стабилизирующего управления для системы (1) необходимо решить серию линейных матричных неравенств и выполнить проверку того, что найденные матрицы  $G$  и  $K$ , действительно, обеспечивают системе (1) экспоненциальную устойчивость в среднем квадратическом.

УДК 519.8 + 681.3

М.Б. РЕЗНИКОВ, Ю.С. ФЕДОСЕНКО, А.И. ЦВЕТКОВ

## **УПРАВЛЕНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЕМ БИНАРНОГО ПОТОКА ОБЪЕКТОВ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ДВУХ MOBILE-ПРОЦЕССОРОВ**

Волжская государственная академия водного транспорта

Рассматриваемая проблема возникла в связи с созданием компьютерных средств поддержки оперативного управления техническим обслуживанием речных грузовых судов «на ходу». Эта технология получает все большее распространение в деятельности сервисных предприятий внутреннего водного транспорта. В качестве обслуживающих выступают два независимых специализированных судна (СП<sub>1</sub> и СП<sub>2</sub>), каждое из которых предназначено для выполнения только одного вида работ. Обслуживание судов осуществляется в процессе их транзитного прохождения зоны ответственности сервисного предприятия. При этом каждое транзитное судно может получить только один вид обслуживания, последовательно пройти оба вида обслуживания или не получить обслуживания вовсе.

Одна из задач диспетчера сервисного предприятия (лица, принимающего решения – ЛПР) заключается в реализации рациональной стратегии управления обслуживанием

судов соответственно принятым критериям оценки. Ситуационно в качестве таковых могут выступать: доход за обслуживание (совокупный или отдельно учитываемый по СП<sub>1</sub> и СП<sub>2</sub>); количество необслуженных судов (суммарное или отдельно учитываемое по СП<sub>1</sub> и СП<sub>2</sub>) и другие.

Существенным обстоятельством, оказывающим влияние на решения ЛПР, являются весьма жесткие ограничения на допустимую длительность штатного регламента формирования стратегии обслуживания.

В силу сказанного актуальной является проблема синтеза оптимальных и субоптимальных стратегий обслуживания путем решения соответствующих экстремальных задач в online- или offline-режимах.

Имеется базовая, однопроцессорная модель, описывающая процессы обслуживания рассматриваемого типа при наличии единственного критерия оценки стратегий обслуживания, была предложена в работе, а также её двухпроцессорное расширение и алгоритмы синтеза оптимальных стратегий.

Основное внимание в данном докладе уделяется формированию усовершенствованных, бикритериальных моделей обслуживания транспортно-технологических процессов рассматриваемого типа, обсуждению оптимально-компромиссных подходов к синтезу стратегий управления, построению и экспериментальному исследованию решающих алгоритмов.

В качестве практически значимого результата отметим возможность создания на базе предложенных математических моделей и алгоритмов программного комплекса для решения задач оптимизации оперативного управления техническим обслуживанием речных грузовых судов.

УДК 62-50

Ю. П. ПАКШИНА

## **АЛГОРИТМ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ВЫХОДУ НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНЫХ МАТРИЧНЫХ НЕРАВЕНСТВ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Задача синтеза стабилизирующего управления со статической обратной связью по выходу относится к числу "трудных" в том смысле, что известны необходимые и достаточные условия стабилизации, но нет эффективных алгоритмов вычисления матрицы усиления. Даются алгоритмы, гарантирующие локальную сходимость, предлагаются достаточные условия, которые за счет введения вспомогательной переменной позволяют построить алгоритмы на основе линейных матричных неравенств (ЛМН). Предложены достаточные условия на основе параметризации и выпуклой аппроксимации, которые также дают алгоритмы на основе ЛМН. В данной работе предлагается расширить число свободных параметров при параметризации. Этот подход дает алгоритм на основе ЛМН на базе необходимых и достаточных условий.

Рассмотрим линейную систему

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad y(t) = Cx(t). \quad (1)$$

Задача состоит в нахождении управления с обратной связью по выходу

$$u(t) = -Fy(t), \quad (2)$$

обеспечивающего устойчивость замкнутой системы. Решение дает следующая теорема

**Теорема 1.** Матрица усиления  $F$ , обеспечивающая устойчивость системы (1) с управлением (2), существует тогда и только тогда, когда найдутся матрицы параметров  $Q = Q^T \geq 0$ ,  $R = R^T > 0$ ,  $M = M^T > 0$  и  $L$  такие, что  $FC = R^{-1}[B^T P + L]$ , где  $P = P^T > 0$  - общее решение квадратных матричных неравенств

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q + L^T R^{-1} L < 0, \quad A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + M \geq 0. \quad (3)$$

Из теоремы вытекает следующий алгоритм вычисления матрицы усиления  $F$ .

1. Задаем матрицы параметров  $M > 0$ ,  $R > 0$ .

2. Находим матрицы  $P > 0$  и  $L$ , решая систему линейных матричных уравнений и неравенств:  $\begin{bmatrix} A^T P + PA + M & PB \\ B^T P & R \end{bmatrix} \geq 0$ ,  $P > 0$ ,  $(B^T P + L)(I - C^+ C) = 0$ .

3. Находим матрицу  $Q$ , решая ЛМН  $\begin{bmatrix} A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q & L^T \\ L & -R \end{bmatrix} < 0$ ,  $Q \geq 0$  и вычисляем  $F = R^{-1}(B^T P + L)C^+$ . Здесь  $C^+$  - обращение матрицы  $C$  по Муру-Пенроузу.

Результаты распространяются на системы с дискретным временем и неопределенными параметрами.

## СЕКЦИЯ 2

Отформатировано

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

## Подсекция 2.1

### Автоматизация систем электрооборудования

УДК 629.113.066

В.В. ВАНЯЕВ, В.В., А.С. ДЕВЯТКИН, А.С. КАВТАЕВ, С.А. КИРИЛЛОВ, Е.В. СОКОЛОВ

Отформатировано: русский

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВС НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ *ATmega*

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы в электрооборудовании автомобиля произошли значительные изменения, связанные с повсеместным внедрением электроники в устройства управления двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и автомобилем в целом. Это, в свою очередь, требует разработки лабораторного оборудования по изучению будущими специалистами особенностей диагностики и обслуживания современных электронных систем управления двигателем (ЭСУД).

Магистрами кафедры ЭПА разработан и создан стенд по изучению ЭСУД, построенный на основе устройства, имитирующего работу ДВС с реальной ЭСУД. Устройство разработано на базе недорогого микроконтроллера (МК) общего назначения *ATmega-8535* и включает в себя устройства имитации и анализа сигналов (УИАС) датчиков и исполнительных механизмов реальной ЭСУД. УИАС вырабатывает сигналы всех датчиков ЭСУД в различных режимах работы ДВС.

В УИАС реализован программный алгоритм обработки задания и формирования выходных сигналов, записанный в памяти МК.

Это позволяет:

- изучать работу ЭСУД в режимах: запуск холодного ДВС, запуск и работа горячего ДВС, имитация работы датчиков;
- реализовать основные тестовые режимы ЭСУД;
- производить управление ЭСУД в различных режимах при помощи мотор-тестеров;
- имитировать и диагностировать различные неисправности реальной ЭСУД и ее компонентов.

Разработанный стенд содержит блок анализа сигналов топливоподачи форсунок и искрообразования катушек зажигания – виртуальный синхроскоп, позволяющий визуально контролировать длительность и фазу процессов топливоподачи и искрообразования ЭСУД в разных режимах по изображению на экране монитора ПК. Этот блок организован на МК типа *ATmega-16*. Разработан алгоритм считывания данных сигналов с использованием управляющих сигналов с УИАС.

Блок соединен с персональным компьютером (ПК) через двунаправленный последовательный интерфейс обмена информацией (COM-порт). МК, обработав управляющие сигналы, через последовательный интерфейс передает информацию в ПК. В ПК реализована

программа считывания информации с *COM*-порта и приведения полученных данных в графический вид.

При реализации данного блока использованы среды программирования:

- *AVR Studio* (для программирования МК);
- *Visual Studio* (для графического отображения данных).

УДК 621.3

А.В. БЕЛОУСОВ, Е.В. БЫЧКОВ, И.В. ХОДЫКИНА

### **ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время широкое распространение в сфере управления и коммуникации получают сетевые технологии. Для их реализации имеется достаточное количество современных аппаратных средств. Одним из интересных решений является разработка известной немецкой компании «Moeller». В докладе предлагается вариант объединения между собой программируемых реле EASY и системы SmartWire посредством сети easyNET.

Сеть easyNET реализована на принципах информационной сети CAN (Controller Area Network) в соответствии со стандартом ISO 11898. EasyNET выполняется по линейной топологии, позволяя объединять от 2 до 8 устройств. Максимальная протяженность сети достигает 1000 м. Скорость передачи данных от 10 до 1000 кбод (зависит от длины сети). Возможности сети: быстрое и удобное управление распределенными в пространстве объектами, синхронизация текущих даты и времени, установка данных на других станциях, загрузка управляющих программ из одной станции в другую. В рассматриваемом варианте кроме интеллектуальных реле к сети подключен шлюз шинной системы SmartWire. Эта система позволяет отказаться от контрольной электропроводки, заменив ее соединительной шиной, а также упростить взаимодействие между объектами автоматизации и коммутационными устройствами, выполняя роль связующего моста. С помощью соединительной шины можно объединить последовательно до 100 устройств. Устройства цепей управления отслеживают состояние сенсорных экранов, автоматических выключателей, приводных механизмов, приборов управления и сигнализации.

Разработанная система содержит шлюз, поддерживающий протоколы Profibus, CANopen, easy-NET. Посредством соединительной шины к шлюзу подключаются модули SmartWire, которые монтируются на контакторы. По шине передаются сигналы управления, информация о состоянии контактора и автоматического выключателя. Достоинства системы: возможность использования стандартных устройств, автоматическая адресация, легкость монтажа, сокращение количества проводов, а также упрощение оформления проектной документации.

Исследования возможностей предлагаемой сети проводились на базе лабораторного стенда с программируемыми реле EASY, автоматического выключателя NZM100 с модулем сбора данных DMI и модуля передачи данных, которые поддерживают один из следующих протоколов: AS-Interface, Profibus-DP, CANopen, Ethernet, DeviceNet, easyNET, что позволяет обмениваться данными с верхним уровнем систем автоматизации. В планах расширения возможностей системы – подключение GSM модема и реализация на его основе задач диспетчеризации автоматизированных объектов, включая сбор данных, диагностику и формирование управляющих воздействий.

В ходе наладки системы исследованы особенности подключения и взаимодействия программируемых реле, шинной системы SmartWire и исполнительных механизмов. Составлены методические указания и варианты заданий для практической реализации сетевых технологий в лабораторных условиях.

### ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время разработка дизель-генераторных электростанций (ДГЭ) с переменной частотой вращения вала является весьма перспективным научно-техническим направлением. В таких электростанциях за счет изменения частоты вращения дизеля обеспечивается его режим работы при оптимальном потреблении топлива. При этом приводимый во вращение дизелем электрогенератор будет вырабатывать напряжение, амплитуда и частота которого будет меняться.

Потребители же автономных систем, как правило, требуют стабильного по амплитуде и по частоте трехфазного синусоидального напряжения. Применение статических преобразователей частоты на выходе электрогенераторов переменной частоты вращения решает данную проблему. Однако традиционные преобразователи частоты имеют свои недостатки. Так, в двухзвенном преобразователе частоты (ДПЧ) с промежуточным звеном постоянного напряжения – это потери в результате двухкратного преобразования энергии, а в случае непосредственных преобразователей частоты – высокая многоэлементность.

Особого внимания, на наш взгляд, заслуживают матричные структуры. Матричный непосредственный преобразователь частоты (МПЧ) – это матрица из 9 ключей переменного тока, каждый из которых состоит из двух встречно-параллельно включенных IGBT-транзисторов и двух диодов, способных коммутировать любую фазу питающей сети к любой фазе нагрузки. Управление ключами осуществляется по принципу ШИМ. Следует отметить преимущества МПЧ относительно ДПЧ:

- возможность двунаправленного обмена энергией между сетью и нагрузкой;
- возможность формирования входного тока, близкого к синусоидальному;
- отсутствие в силовой схеме конденсаторов большой емкости, что позволяет расширить рабочий диапазон температур и увеличить срок службы преобразователя;
- более высокие КПД и коэффициент мощности.

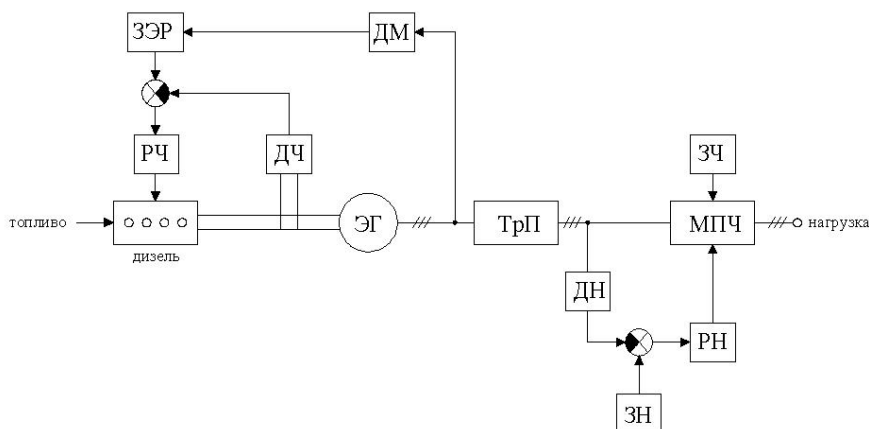


Рис. 1. Структурная схема системы Д-Г переменной скорости вращения на базе матричного преобразователя частоты

Проблему увеличенного числа полупроводниковых элементов МПЧ возможно решить путем перехода от ключей, состоящих из двух IGBT-транзисторов и двух диодов, к ключам на базе встречно-параллельно включенных IGBT, что потребует новых алгоритмов управления ключами.

Структура ДГЭ переменной частоты вращения на базе МПЧ представлена на рис. 1. Данная структура работает следующим образом. На основе данных от датчика мощности нагрузки (ДМ) блоком задатчика экономичного режима (ЗЭР) осуществляется выбор оптимальной с точки зрения потребления топлива частоты вращения вала дизеля. Регулятор частоты вращения вала дизеля (РЧ) на основе данных датчика частоты вращения (ДЧ) стабилизирует частоту вращения вала дизеля на уровне, задаваемом ЗЭР. Напряжение электрогенератора (ЭГ) повышается трансформатором (ТрП). Амплитуда и частота выходного напряжения ТрП стабилизируется МПЧ, блоками регулятора напряжения (РН), датчика и задатчика напряжения (ДН, ЗН) и задатчика частоты (ЗЧ).

В структуре, представленной на рис. 1, вместо дизеля может применяться бензиновый двигатель.

УДК 623.19.47

Е.А. МАРДУС

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСУ ТП СКЛАДА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

### **1. Назначение АСУТП**

АСУТП склада предназначена для учета слябов и заготовок, поступающих на склад, управлением движения материала по складу, управлением загрузки оборудования и персонала, координации работы мостовых кранов, обеспечения первичной информацией систем уровня 3 (система планирования производства PPS) и уровня 4 (система планирования ресурсов).

### **2. Цель создания АСУТП**

Основные цели создания АСУТП склада:

- Автоматизированный учет и хранение слябов и заготовок.
- Автоматизированное формирование заданий оператору мостового крана.
- Автоматизированное управление движением материала по складу.
- Автоматизированное управление загрузкой оборудования и персонала.
- Сбор необходимой информации о работе склада и передача информации систему управления производством верхнего уровня (PPS, ERP).
- Обеспечение блокировок при взаимодействии мостовых кранов и технологического оборудования склада.
- Ввод и представления актуальной информации о хранимом материале на складе и грузопотоках.
- Повышение эффективности работы производства

### **3. Общая структура АСУТП**

Система управления складом структурирована по следующим уровням иерархии:

- Уровень 1: базовая автоматика.
- Уровень 2: уровень АСУТП.

Уровень 1 представляет собой аппаратно-программный комплекс, состоящий из промышленного контроллера Simatic S-400 и сетевых интерфейсов взаимодействия Profibus DP

и Ethernet. На данном уровне решаются задачи обеспечения необходимых блокировок и получения первичной информации от смежных систем.

Уровень 2 реализован по трехзвенной схеме: клиент-сервер, приложения, база данных и состоит из следующих аппаратно-программных комплексов:

- сервер баз данных;
- сервер склада;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) склада;
- терминал сбора данных (мобильный терминал).

На уровне 2 решаются задачи учета и планирования, визуализации и формирования отчетов, ввода первичной информации.

УДК 621.314

И.С. САМОЯВЧЕВ, О.С. ХВАТОВ, А.Б. ДАРЬЕНКОВ

### ЕДИНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ДВС ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

В морском, речном, железнодорожном и автомобильном транспорте все большее распространение получают системы электродвижения. Для питания гребных (тяговых) электродвигателей и других потребителей электроэнергии автономных объектов могут применяться так называемые единые электростанции на базе агрегатов "двигатель внутреннего сгорания - генератор переменного тока" (Д-Г). Применение единых электростанций позволяет повысить надежность и упростить обслуживание энергосистемы автономного объекта за счет уменьшения количества составляющих компонентов.

подавляющее большинство существующих Д-Г установок работают с постоянной (номинальной) частотой вращения вала во всем диапазоне изменения нагрузки. Для повышения КПД таких установок целесообразно применять двигатели внутреннего сгорания (ДВС) с переменной частотой вращения вала.

Структурная схема предлагаемой единой электростанции автономного объекта на базе ДВС переменной частоты вращения представлена на рис. 1.

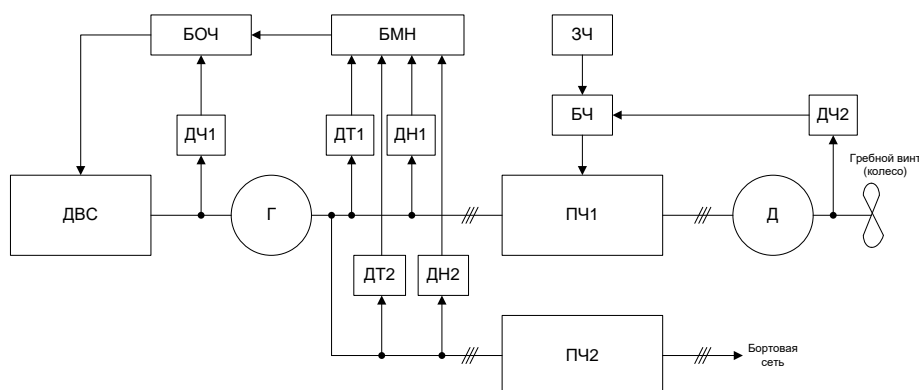


Рис. 1. Структурная схема единой электростанции автономного объекта на базе Д-Г переменной частоты вращения



Единая электростанция автономного объекта на базе Д-Г переменной частоты вращения (рис. 1) содержит ДВС, генератор (Г), преобразователи частоты (ПЧ1,2), гребной (тяговый) электродвигатель (Д). Блок формирования оптимальной частоты вращения ДВС (БОЧ) задает частоту вращения вала ДВС, оптимальную с точки зрения потребления топлива. БОЧ формирует выходной сигнал согласно алгоритму, заложенному в его памяти, и в зависимости от выходных сигналов блока вычисления мощности нагрузки (БМН) и датчика частоты вращения ДВС (ДЧ1). БМН вычисляет мощность нагрузки на основе сигналов от датчиков тока (ДТ1,2) и напряжения (ДН1,2). В соответствии с требуемой скоростью движения автономного объекта задатчик частоты (ЗЧ) формирует сигнал задания частоты выходного напряжения ПЧ1, и тем самым определяет частоту вращения Д. Блок регулирования частоты (БЧ) формирует сигнал управления частотой ПЧ1 на основе сигналов от задатчика частоты (ЗЧ) и датчика частоты вращения Д (ДЧ2). Таким образом, ПЧ1 является согласующим элементом между Г и Д, работающими с разными частотами вращения. Для питания электропотребителей автономного объекта на выходе Г включен ПЧ2, который обеспечивает стабильные значения амплитуды и частоты напряжения бортовой сети.

Применение предлагаемого типа единой электростанции переменной частоты вращения позволяет добиться существенной экономии топлива, что является крайне важным в современных условиях растущих цен на энергоносители и повышающихся требованиях по снижению уровня вредных выбросов в атмосферу.

УДК 621.314

А.В. СЕРЕБРЯКОВ, А.Б. ВАСЕНИН, А.Б. ДАРЬЕНКОВ

### **АВТОНОМНАЯ ВЕТРОДИЗЕЛЬЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Существующие автономные ветродизельэнергетические установки (АВДЭУ), вырабатывающие электроэнергию переменного напряжения стабилизированной частоты и амплитуды, имеют ряд недостатков:

- ограниченный диапазон скоростей ветрового потока, при котором возможен отбор мощности с ветроколеса (ВК);
- отсутствие параллельной работы источников электроэнергии (аккумуляторной батареи и электрогенераторов переменного напряжения (ЭГ), приводимых во вращение ВК и двигателем внутреннего сгорания (ДВС) с распределением общей нагрузки между ними;
- повышенный расход топлива (низкий КПД) ДВС, связанный с постоянной скоростью вращения его вала при меняющейся мощности нагрузки.

Разработанная авторами структура АВДЭУ, представленная на рис. 1, позволяет устранить указанные недостатки.

Структура АВДЭУ состоит из двух каналов генерирования электроэнергии (канала преобразования энергии ВК и канала преобразования энергии ДВС) с преобразователями напряжения стабилизирующего типа, а также канала накопления энергии и выходного канала. Суммирование мощностей каналов генерирования электроэнергии и канала накопления энергии производится на шине стабилизированного постоянного напряжения. Выходной канал обеспечивает потребителей переменным напряжением фиксированной частоты и амплитуды.

Система автоматического управления (САУ) посредством регулятора частоты вращения ДВС (РЧ) обеспечивает в зависимости от мощности нагрузки ДВС выбор оптимальной с точки зрения потребления топлива скорости вращения вала ДВС. Применение преобразователя стабилизирующего типа в канале преобразования энергии ДВС обеспечивает на выходе канала стабилизированное напряжение вне зависимости от скорости вращения ДВС.

Преобразователь стабилизирующего типа в канале преобразования энергии ВК поддерживает стабилизированное напряжение на выходе канала при изменении скорости ветрового потока в широком диапазоне.

Предлагаемая структура АВДЭУ с использованием преобразователей стабилизирующего типа обеспечивает параллельную работу канала накопления энергии, канала преобразования энергии ВК и канала преобразования энергии ДВС на общую нагрузку с отбором максимальной возможной мощности от ВК при текущей скорости ветрового потока и с выработкой недостающей мощности ДВС. При этом САУ, управляя работой преобразователей стабилизирующего типа, обеспечивает распределение нагрузки между каналами генерирования электроэнергии.

Таким образом, построение АВДЭУ по предлагаемой схеме (рис. 1) обеспечивает более полное использование по мощности ресурсов ВК и повышенную экономию топлива ДВС.

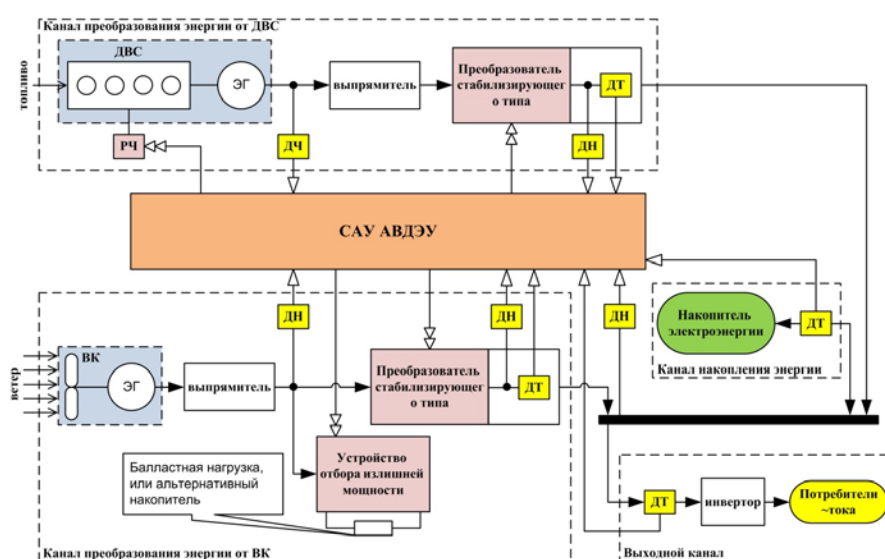


Рис. 1. Структура АВДЭУ:

- - информационный поток;
- ⇒ - поток управления;
- - поток энергии;
- - шина стабилизированного постоянного напряжения;
- ДЧ - датчик частоты выходного напряжения ЭГ; ДН - датчик напряжения; ДТ - датчик тока

УДК 621.314

И.А. ТАРПАНОВ, В.В. ПШЕНИЧНИКОВ, О.С. ХВАТОВ, А.Б. ДАРЬЕНКОВ

Отформатировано: подчеркивание

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ

Волжская государственная академия водного транспорта,  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В судовых системах электроснабжения в качестве источника электрической энергии чаще всего используются дизель-электрические станции (ДЭС), которые обычно выполняются на основе синхронных генераторов. Частота вырабатываемого напряжения пропорциональна частоте вращения ротора, которая поддерживается регулятором скорости вращения вала ди-

зеля постоянной. Такая система имеет ряд недостатков. Главный из них заключается в необходимости поддерживать постоянную частоту вращения вала дизеля и отказываться от режимов работы, снижающих расход топлива. ДГ с включенным на выходе преобразователем частоты позволяет работать в широком диапазоне изменения частоты вращения вала дизеля, и получать при этом стабильные параметры генерируемого напряжения.

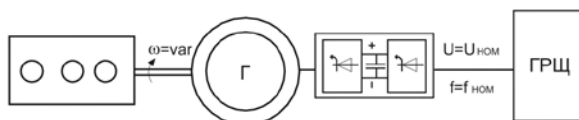


Рис. 1. Структурная схема Д-Г переменной частоты вращения

Основным этапом в разработке математической модели Д-Г переменной частоты вращения, является разработка математической модели самого дизеля. Дифференциальное уравнение дизеля без наддува как регулируемого объекта по частоте вращения можно записать в следующем виде:

$$d(p)\varphi = q - Q_2\alpha_{\bar{\lambda}};$$

$$k_q q = \chi + Q_\varphi \varphi,$$

где  $\varphi$  - безразмерное изменение угловой скорости коленчатого вала,  $q$  - безразмерное изменение цикловой подачи топлива,  $\alpha_{\bar{\lambda}}$  - безразмерное изменение настройки потребителя (нагрузка двигателя),  $Q_2$  - коэффициент усиления по настройке потребителя,  $k_q$  - коэффициент самовыравнивания топливоподающей аппаратуры дизеля,  $\chi$  - безразмерное изменение положения органа управления (рейка топливного насоса),  $Q_\varphi$  - коэффициент усиления топливоподающей аппаратуры дизеля.

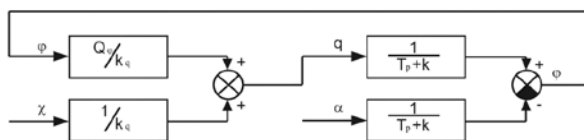


Рис. 2. Структурная схема дизеля без наддува

Использование математической модели позволит исследовать статические и динамические режимы работы Д-Г переменной частоты вращения.

УДК 621.3

Е.О. ТУМАНОВА

### ЧАСТОТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С УЧЕТОМ ЕГО ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ И НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Частотное управление асинхронной машиной, которая сегодня рассматривается не только с точки зрения экономии энергии, но и с точки зрения совершенствования управления технологическим процессом, находит применение во многих отраслях промышленности, в частности, в таких устройствах как насосы, вентиляторы, питатели сырого угля на котельных агрегатах, конвейеры, приводы подъемно-транспортных механизмов и др.

Учет условий нагрева двигателя обусловлен тем фактом, что с увеличением нагрузки на валу возрастает нагрев двигателя и, соответственно, потери мощности в нем. Максимальный момент непосредственно напрямую зависит от потокоцепления, поэтому при оптимизации работы необходимо учитывать и магнитное насыщение системы.

В процессе исследования были разработаны одномерная и трехмерная математические модели теплового состояния асинхронного двигателя. Показано, что в системах частотного регулирования нецелесообразно применять косвенные методы оценки тепловых режимов электродвигателей, которые не учитывают изменения магнитных потерь при изменении частоты питающего напряжения. Построена модель асинхронной машины с учетом насыщения магнитной системы. Предложена структура системы управления, содержащая модель знаний о тепловом и магнитном состоянии двигателя, управляемая интерпретатором, получающим данные с датчиков тока статора, температуры статора и окружающей среды. При этом рассматривалась машина с принудительным охлаждением.

Компьютерное моделирование тепловых и электромагнитных процессов в среде Matlab Simulink позволило сделать выводы о наличии значительных резервов частотно-регулируемой электрической машины по термической нагрузке, при условии использования системы управления с моделью знаний.

В целях практического использования результатов моделирования проведены экспериментальные испытания заторможенного асинхронного двигателя, позволившие получить ряд данных, отражающий зависимости величины потерь от механической нагрузки двигателя, частоты и напряжения (токов) питания статора, температуры окружающей среды. Регрессионный анализ, методика которого обсуждается в докладе, позволил получить коэффициенты для разработанных математических моделей.

В докладе сделано обобщение полученной в ходе исследования информации и даны рекомендации по использованию результатов исследования в промышленности.

# Эффективность систем электроэнергетики и экономии электрической энергии

---

---

УДК 621.3

А.П. ЗАЙЦЕВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ УЧЕТА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РОЗНИЧНОГО РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одно из направлений реформирования электроэнергетики – создание розничных рынков электроэнергии и мощности, которые находятся на начальной стадии развития. Одним из субъектов розничного рынка электроэнергии является территориальная сетевая организация, оказывающая услуги по передаче электрической энергии. Плата за оказываемые услуги взимается в размере установленного тарифа на данный вид услуг. Размер тарифа формируется на основе покрытия затрат на содержание электрических сетей, затрат на оплату технологических потерь электроэнергии, а также обеспечения экономически обоснованной прибыли. Величина технологических потерь нормируется для каждой сетевой организации. Фактическая величина потерь в большинстве случаев превышает установленный норматив, при этом все сверхнормативные потери оплачиваются за счет прибыли территориальной сетевой организации. Снизить потери возможно за счет обеспечения точного учета электроэнергии. Необходимо уточнить, что в данном случае речь идет о коммерческой составляющей потерь, а не о технической, величина которой определяется составом оборудования.

В последнее десятилетие принципиально изменилась техническая база обеспечения учета электрической энергии. Доступными стали электронные счетчики с внутренней памятью, каналы накопления, передачи данных и средства обработки информации.

Применительно к естественной монополии в сфере транспорта электроэнергии и мощности использование современных устройств позволяет снизить величину фактических погрешностей учета электроэнергии и мощности, а также позволяет:

- "чистым" территориальным сетевым организациям оптимизировать величину технологических потерь; своевременно выявлять случаи воровства во всех проявлениях на основе текущего контроля балансов по отдельным подстанциям и фидерам;
- территориальным сетевым организациям на базе промышленных предприятий перераспределить соотношение точек коммерческого и технического учета; исключить ограничения по системе учета при выборе оптимальной тарифной системы при оплате электропотребления основного производства; рассматривать вопрос о выходе на более выгодный оптовый рынок электроэнергии и мощности;
- конечным потребителям электроэнергии осуществлять контроль над режимом электропотребления, оптимизировать свою работу, определить наиболее выгодный вид тарифа.

Особое значение имеет учет допустимых погрешностей систем учета электроэнергии и мощности при определении нормативов потерь электроэнергии при ее транспорте.

Проведя критический анализ существующей системы расчета допустимой погрешности учета территориальной сетевой организации в целом и отдельных компонентов универсального измерительного тракта, можно сделать некоторые предложения по её совершенствованию.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ВЫБОР ПЛАВИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В России на предприятиях имеется более 1200 литейных цехов и производств. Литейные цеха являются наиболее энергоемкими по потреблению топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Они потребляют от 20 до 40 % ТЭР предприятий. Энергоемкость литья в РФ в два-три раза выше ведущих стран (Японии, Германии, США и др.). Это объясняется низкой загрузкой оборудования, которая в среднем составляет 30-50 %, моральным старением применяемых технологий, низкой степенью использования сырья, слабой автоматизацией технологических процессов. Парк литейного оборудования в последние 15-20 лет практически не обновляется, средняя продолжительность его эксплуатации – 28-30 лет. Резко снизился объем производства новых литейных машин и оборудования. Для снижения энергоемкости литья необходима модернизация технологий и оборудования литейных цехов. Так как модернизация технологий и оборудования литейных цехов требует больших капиталовложений, то необходима методика выбора технологий и оборудования с учетом их ресурсо- и энергоэффективности. Данная методика позволит значительно сократить сроки окупаемости модернизации.

Наиболее энергоемкими в литейных цехах являются плавильные участки. Они потребляют от 50 до 70 % всех ТЭР цеха. В качестве плавильных агрегатов в действующих литейных цехах применяются как пламенные (коксовые и газовые вагранки), так и электрические печи (дуговые, индукционные и др.). В некоторых публикациях высказывается мнение, что применение электрической энергии в процессах плавки металлов невыгодно из-за ее высокой стоимости. Однако практика стран Евросоюза, США и исследования показывают большие преимущества электрических печей перед пламенными. В первую очередь это КПД, у пламенных печей он не превышает 20 %, у электрических доходит до 95 %. Электрический нагрев имеет и другие преимущества: высокая надежность и малые выбросы вредных веществ при эксплуатации; высокие удельные мощности и температуры; высокие скорости нагрева; экономия сырья вследствие сокращения потерь от угара; возможность глубокой автоматизации; высокая технологическая гибкость; возможность получения металлов высокой чистоты и ряд других.

Самым перспективным направлением в литейных цехах в XXI веке является переход на плавку в индукционных печах средней частоты.

Комплексный анализ технических, экономических и экологических факторов позволяет выбрать вариант плавильных установок отвечающих требованиям как энерго- так и ресурсосбережения. При этом основным критерием выбора является себестоимость плавки 1 т металла. Обязательными условиями при сопоставлении вариантов выбираемого плавильного оборудования должны быть: одинаковый химический состав выплаваемого металла; примерно одинаковая производительность; доступность в регионе выбираемых энергоносителей; одинаковое влияние на экологию. Все расчеты следует вести в удельных единицах (на тонну годного литья).

Авторами проведено сравнение технологий ряда обследованных литейных цехов:

**Вариант 1** – дуплекс-процесс: коксовая вагранка – дуговая печь переменного тока ДЧМ-10 (литейный цех производительностью 17 800 т в год серого чугуна СЧ-21, выход годного металла 57 %).

**Вариант 2** – дуплекс-процесс: коксовая вагранка – дуговая печь переменного тока ДСН-3 (литейный цех производительностью 18 900 т в год серого чугуна СЧ-21, выход годного металла 49,5 %).

**Вариант 3** – дулекс-процесс: коксовая вагранка – дуговая печь постоянного тока ДППТ-12 (литейный цех производительностью 14 000 т в год серого чугуна СЧ-21, выход годного металла 45,6 %).

**Вариант 4** – монопроцесс: индукционная тигельная печь (литейный цех производительностью 16 300 т в год серого чугуна СЧ-21, выход годного металла 51,5 %).

Анализ вариантов позволяет сделать следующие выводы:

1. Полные удельные затраты на тонну годного литья составляют:

**Вариант 1** – 4464 руб./т;

**Вариант 2** – 5933 руб./т;

**Вариант 3** – 5582 руб./т;

**Вариант 4** – 3573 руб./т;

2. Наименьшие затраты имеет вариант с индукционной печью.

Перспективное направление модернизации литейных цехов – это переход на индукционные печи.

УДК 621.311.1

Г.Я. ВАГИН, С.А. БУГРОВ, О.Ю. МАЛАФЕЕВ

## ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ РАСХОДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Система нормирования расходов электроэнергии образовательных учреждений (ОУ) должна строиться по иерархическому принципу, и охватывать следующие уровни:

I – образовательное учреждение;

II – уровень района (города);

III – уровень региона (область, край, республика);

IV – уровень округа;

V – уровень федерального агентства.

В зависимости от уровня нормирования могут применяться различные методики.

На первом уровне расход электроэнергии может определяться на основании отчетных данных ОУ о потреблении электроэнергии за 3 предыдущих года:

$$W_B = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{3}.$$

Норма потребления электроэнергии на следующий год определяется по выражению:

$$W_G^H = W_B - \Delta W_G,$$

где  $\Delta W_G$  - величина снижения потребления электроэнергии за счет внедрения мероприятий по экономии электроэнергии.

Для определения  $\Delta W_G$  необходимо провести энергетическое обследование (энергоаудит) ОУ.

Более точно величину  $W_G^H$  можно определить также на основании энергоаудитов ОУ.

На 2÷5 уровнях иерархии для определения расходов электроэнергии могут применяться следующие методы:

- 1) расчетно-аналитический с использованием свойств нормального закона распределения;
- 2) построение регрессионных уравнений зависимости расхода электроэнергии от площади или численности учащихся;
- 3) применение информационно-аналитической системы на ЭВМ;
- 4) применение интеллектуального анализа;
- 5) применение техноценозов.

В докладе будет дана подробная характеристика указанных методов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ОСНОВНЫМИ ТИПАМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

При всяких изменениях в режимах работы в электроприводе протекают сложные электромагнитные и механические переходные процессы. Необходимость изучения и моделирования переходных процессов определяется тем, что многие электроприводы работают в интенсивных динамических режимах, в которых происходит резкое приложение нагрузки, необходимо быстрое изменение скорости, либо мгновенные значения токов и напряжений в цепях силового преобразователя превышают допустимые значения.

Исследование динамики электрической машины позволяет выяснить, как влияют параметры и изменения независимых переменных двигателя на переходные процессы, а также подобрать под конкретную задачу электропривода соответствующего типа.

В докладе приводятся результаты моделирования энергетических, электромагнитных и электромеханических процессов основных типов электрических машин переменного тока, таких как асинхронный, синхронный реактивный двигатели, вентильный электропривод на основе синхронной машины с учетом типа силового преобразователя.

Математические модели электродвигателей представляют собой системы дифференциальных уравнений, которые описывают их динамические характеристики. Изображение моделей выполнено редактором компьютерной системы визуального моделирования Simulink в соответствии с правилами пакета Matlab.

Описаны особенности моделирования асинхронных машин в системе подчиненного векторного регулирования с опорным вектором главного потокосцепления машины и в системе скалярного управления электроприводом. Определены оптимальные соотношения токов статора и возбуждения вентильного двигателя, а также составляющих токов статора синхронно-реактивного двигателя по продольной и поперечной оси - при соблюдении  $I_d = I_q$  максимальный момент двигателя будет обеспечен при минимальных тепловых потерях.

С учетом результатов моделирования было проведено экспериментальное исследование процессов управления частотно-регулируемого привода по положению и скорости ротора, по положению и скорости результирующего потока.

Даны рекомендации по применению двигателей для электроприводов определенных механизмов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УПРАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Главной задачей проектирования системы электрооборудования является обеспечение эффективности работы электрооборудования и технологического процесса, в котором используется система. Этому способствует использование энергетической балансовой модели объекта или технологического процесса.



Будем полагать, что работа системы электрооборудования заключается в преобразовании энергии: ее величины и параметров в требуемых для технологического процесса соотношениях и видах. Названную модель системы представим рядом переменных состояния системы электрооборудования, связанных между собой энергетическими потоками. Переменные состояния играют две роли в предлагаемой модели: каждая из них, с одной стороны, может нести энергию и предоставлять ее другим переменным состояниям, и, с другой стороны, может потреблять энергетические потоки, поставляемые другими переменными состояниями.

В энергетическом балансе выполняются следующие соотношения:

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i, \quad (1)$$

$$X_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} + V_j + A_j + O_j, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{j=1}^n (V_j + A_j + O_j), \quad (3)$$

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

где  $X_{ij}$  – энергия от  $i$ -й переменной состояния, потребленная  $j$ -й переменной состояния для обеспечения своего среднего значения за производственный цикл;

$X_i$  – количество энергии, соответствующее среднему значению  $i$ -й переменной состояния за производственный цикл;

$Y_i$  – конечное использование энергии  $i$ -й переменной состояния.

Дополнительные затраты  $j$ -х переменных состояния включают: функциональные потери, например, на трение, передачу активной электрической мощности ( $V_j$ ), затраты энергии на управление, внешнее информационное обслуживание ( $A_j$ ), затраты энергии на получение полезного продукта или эффекта ( $O_j$ ).

В докладе показано, что с помощью модели энергетического баланса могут быть решены многие задачи распределения энергии в системе электрооборудования.

УДК 621.3

Г.Я.ВАГИН, А.А.ПЕТРОВ

## **ПРИМЕНЕНИЕ МИНИ-ТЭЦ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ДЕФИЦИТА ГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им Р. Е. Алексеева

Согласно исследованиям, проведенным специализированными организациями, электропотребление России к 2030 году достигнет значения от 1,5 до 3 трлн кВт·час

Учитывая, что ввод новых мощностей электростанций за период 1990–2005 годов был минимальным, а старение энергооборудования действующих электростанций достигает 60 и более процентов, без кардинальных мер по вводу новых мощностей электростанций Россия может оказаться на краю глубокого энергетического кризиса, так как придется вводить ограничения на потребляемую мощность и энергию.

Энергетические потребности страны увеличиваются, тогда как возможность обеспечить эти потребности отсутствует. При этом следует учитывать неравномерность потребления электроэнергии как в региональном, так и в отраслевом отношении.

В связи с этим надежность энергообеспечения экономики и населения России начала снижаться. Особенно заметно падение уровня надежности в энергоемких регионах: пожар на подстанции «Чагино», авария на Саяно-Шушенской ГЭС.

Оценка ситуации показывает, что в ближайшие годы дефицит электроэнергии может оказаться серьезным сдерживающим фактором развития страны. Для обеспечения роста экономики необходимо провести масштабные системные перемены в электроэнергетике.

В долгосрочной перспективе развитие генерирующих мощностей должно осуществляться в соответствии с принципами:

1. Ввод генерирующих мощностей темпами, опережающими темпы роста электропотребления.

2. Максимальное использование существующих площадок за счет установки на них современного оборудования большей мощности.

3. Техническое перевооружение и реконструкция тепловых электростанций и ввод новых генерирующих мощностей на базе новых эффективных технологий производства электроэнергии.

4. Максимальное использование потенциала малой энергетики за счет строительства генерирующих установок малой мощности (до 30 МВт) для комбинированного энергоснабжения собственных районов нагрузки.

5. Размещение генерирующих источников вблизи районных нагрузок

Максимальное использование потенциала малой энергетики позволит решить проблемы, связанные с изношенностью существующего генерирующего оборудования. Согласно оценкам РАН, потенциал когенерации в России составляет около 175 ГВт, что сопоставимо с общей установленной мощностью электростанций России на данный момент (219 ГВт).

Развитие распределенной генерации электроэнергии, при условии синхронной работы с ЕЭС, позволит повысить устойчивость работы энергосистемы и надежность энергоснабжения потребителей, поскольку вырастет число распределенных источников генерации, находящихся в центрах нагрузок. При этом повышается экономичность генерации и обеспечивается наиболее рациональный расход топлива.

УДК 621.3

С.А. ФОМИН

## **АКТИВНЫЙ КОМПЕНСАЦИОННЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Компенсация реактивной мощности – один из важнейших факторов повышения надежности энергоснабжения потребителей. Оптимальная величина коэффициента мощности на предприятии получается путем компенсации реактивной мощности как естественными мерами (за счет улучшения режима работы приемников, применения двигателей более совершенной конструкции, устранения недогрузки двигателя, трансформаторов), так и за счет установки специальных компенсирующих устройств (генераторов реактивной мощности) в соответствующих точках системы электроснабжения. Использование установок компенсации реактивной мощности позволяет: разгрузить питающие линии электропередач, силовые трансформаторы и распределительные устройства, что позволит потреблять дополнительную мощность, а также снизить расходы на оплату электроэнергии и общие затраты на энергопотребление

Все регулируемые электроприводы на переменном и постоянном токе, получающие питание от управляемых выпрямителей, выполненных на базе полностью управляемых вентилях, могут работать в режиме компенсации реактивной мощности, одновременно выполняя заданные технологические функции.

Отличительные особенности многофазных выпрямителей с естественной и искусственной коммутацией на базе полностью управляемых вентилях GTO, IGCT, IGBT и других

закljučаются в способе управления моментом времени включения силового вентиля в каждой фазе по отношению точки естественной коммутации и в электромагнитных процессах, протекающих во время коммутации силовых вентиляей.

В докладе рассмотрена принципиальная схема активного компенсационного преобразователя выполненного на базе IGBT вентиляей. Описана система автоматического управления силовыми вентилями.

Рассмотрено моделирование компенсационного выпрямителя в среде Matlab Simulink. С учетом результатов моделирования выбраны оптимальные параметры выпрямителя.

Создан лабораторный макет и проведены экспериментальные исследования компенсационного выпрямителя. Экспериментально подтверждены энергетические характеристики.

По результатам моделирования и экспериментальным данным даны рекомендации по применению в частотно-регулируемом электроприводе определенных видов активных компенсационных преобразователей.

УДК 621.3

А.Л. КУЛИКОВ, И.В. ЧЕРНЫЙ

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОРГАНА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ МЕТОДОМ «ВЗВЕШИВАНИЯ»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цифровые (микропроцессорные) устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) находят все более широкое применение в магистральных и распределительных электрических сетях. Основу таких устройств составляют цифровые измерительные органы (ЦИО) тока и напряжения, выполненные с использованием фильтров на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ) полного периода, полупериода и четверть периода. Характеристики фильтра, как правило, ориентированы исключительно на синусоидальный сигнал промышленной частоты (50 Гц). При работе в реальных условиях эксплуатации электрических сетей возникают: искажение формы сигналов тока или напряжения, отклонения частоты от номинального значения, наложение высших гармонических составляющих и др. при соблюдении или несоблюдении требований ГОСТ 13109-97 к качеству электрической энергии.

Возникающие ошибки фильтрации оказывают влияние на функционирование устройств РЗА электрических сетей, ухудшают их показатели технического совершенства. Например, в устройствах определения мест повреждения ЛЭП ошибки фильтрации приводят к соответствующим неточностям в оценке расстояния до повреждения.

В докладе анализируются ошибки ЦИО РЗА в условиях изменения показателей качества электрической энергии. На базе имитационного моделирования в среде MATLAB получены количественные статистические характеристики таких ошибок (закон распределения, математическое ожидание, дисперсия). Основное внимание уделяется ошибкам фильтрации по алгоритму ДПФ полного периода, связанным с изменением частоты синусоидальных сигналов токов и напряжений.

Предлагается введение дополнительной фильтрации по алгоритму «оконного взвешивания» для уменьшения ошибок ЦИО. Указанный алгоритм позволяет не только учесть изменение частоты токов и напряжений, но и исключить влияние нежелательных высокочастотных составляющих. Анализ применения предлагаемых алгоритмов сопровождается количественными оценками уменьшения ошибок ЦИО. Несмотря на некоторое увеличение вычислительных затрат на реализацию алгоритмов «оконного взвешивания», такая цифровая обработка сигналов тока и напряжения целесообразна в перспективных устройствах РЗА.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ КРУПНОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧЬЮ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в г. Выкса заканчивается строительство первой очереди литейно-прокатного комплекса на ООО “ОМК-Сталь”. В состав первой очереди строительства электросталеплавильного цеха входит электродуговая сталеплавильная печь с печным трансформатором мощностью 140 МВ·А и установка печь-ковш с трансформатором мощностью 25 МВ·А.

Настоящий расчет производится для определения высших гармоник тока и напряжения в сетях питания дуговой печи.

Расчет производился с учетом следующих режимов питания цеха:

- 1) нормальный режим (в работе оба ввода напряжением 500 кВ);
- 2) один из вводов напряжением 500 кВ неисправен;
- 3) автотрансформатор неисправен и печная установка подключается к шинам 110 кВ, имеющим связь с энергосистемой.

Протекание по элементам системы электроснабжения токов высших гармоник и искажение синусоиды напряжения приводит к ускоренному старению изоляции электрических машин, кабелей, трансформаторов; увеличиваются погрешности индукционных счетчиков активной и реактивной энергии; могут происходить ложные срабатывания релейной защиты, устройств телемеханики, автоматики и ЭВМ.

Несинусоидальность напряжения сети характеризуется коэффициентом несинусоидальности напряжения:

$$\hat{E}_{i,U} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n U_i^2}}{\gamma \cdot U_m} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где  $U_i$  – действующее значение  $i$ -й гармонической составляющей напряжения;  $n$  – номер последней учитываемой гармоники для дуговых печей учитываются гармоники № 2÷15;  $\gamma$  – коэффициент передачи или коэффициент ослабления определяется по формуле 2.

Так как уровень напряжения высших гармоник в различных точках систем электроснабжения определяется мощностью источника гармоник и его удаленностью от рассматриваемых точек, необходимо учесть коэффициент передачи или коэффициент ослабления  $\gamma$  [1, 2], равный

$$\gamma = (X_{\text{п}} + X_{\text{с}}) / X_{\text{с}}, \quad (2)$$

где  $X_{\text{п}}$  – сопротивление печного контура (сумма всех сопротивлений до точки, в которой определяется несинусоидальность напряжения);  $X_{\text{с}}$  – индуктивное сопротивление сети до точки подключения ДСП к питающей системе электроснабжения (сопротивление системы).

Допустимое значение коэффициента несинусоидальности кривой напряжения определяется в соответствии с ГОСТ 13109-97.

Для определения напряжения высших гармоник, определяем проводимости ветвей схемы для 2÷15 гармоник, токи высших гармоник, генерируемых установками ЭДП и ПК, после чего уже определяем коэффициент несинусоидальности напряжения. Для этого на основе однолинейной схемы сети составляем схему замещения, в которой ЭДП и ПК играют роли генераторов высших гармоник.

## Выводы

Так как для шин напряжением 110 кВ величины напряжения высших гармоник превышают требования ГОСТ, необходимо снижение уровней высших гармоник до требований ГОСТ, добиться чего возможно путем установки фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) косвенной компенсации, что является в настоящее время распространенным способом минимизации высших гармоник.

Более подробная информация о произведенном расчете будет дана в докладе.

УДК.621.04.18

Е.Н. СОСНИНА, А.В. ШАЛУХО

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С 2009 г. планирование всех государственных расходов осуществляется на основе заданий (пп. 2.3 ст. 69.2 Бюджетного кодекса РФ). При формировании заданий учитываются затраты на коммунальные расходы, в том числе и расходы на энергопотребление. Повышение эффективности бюджетных расходов основано на нормировании. Сложность в определении норм энергопотребления для образовательных учреждений (ОУ) состоит в том, что планирование энергопотребления осуществляется преимущественно по площадям, а нормировать необходимо по численности обучающихся. Целью работы является получение моделей удельного энергопотребления на одного обучающегося для ОУ.

В пакете Statistica проведен расчетно-графический анализ статистических данных ОУ Приволжского Федерального округа за 2005–2008 годы.

Установлено, что распределения удельного расхода электрической и тепловой энергии соответствуют нормальному и логнормальному закону. Это позволяет использовать математическое ожидание и дисперсию для прогнозирования энергопотребления. Точность подгонки оценивалась критериями хи-квадрат и Колмогорова-Смирнова.

Проведен корреляционный анализ данных, показавший, что удельное энергопотребление ОУ в большей степени зависит от площади зданий. Коэффициент корреляции между площадью зданий и удельным расходом тепловой энергии варьируется от 0,3 до 0,81; электрической энергии: 0,369–0,81. Установлена сильная взаимная коррелированность независимых переменных для институтов.

Получены линейные регрессионные модели удельного расхода тепловой и электрической энергии на одного обучающегося. Низкий коэффициент детерминации, большая ошибка уравнений и проведенный графический анализ регрессионных остатков показал необходимость перехода к нелинейной регрессии.

Построены нелинейные регрессионные модели удельного энергопотребления, основанные на однородных уравнениях второй степени. Для нахождения параметров был использован метод пошагового включения переменных в модуле Fixed Nonlinear Regression. Нелинейная регрессия позволила для технических университетов и институтов приблизить коэффициент детерминации к 0,75; снизить ошибку уравнения.

В ходе исследований установлено, что точность моделей техникумов и колледжей можно повысить путем разделения статистических данных на несколько совокупностей в зависимости от числа обучающихся. Экспериментальный анализ показал, что для колледжей граничным значением является 1300 обучающихся. Для техникумов 1000 обучающихся по теплоэнергии и 1200 обучающихся по электроэнергии. Данная методика позволила повысить коэффициент детерминации на 0,2–0,3; снизить до 10% ошибку уравнения; упорядочить графики остатков на нормальной вероятностной бумаге.

## Выводы

Получены линейные и нелинейные регрессионные модели удельного расхода тепловой и электрической энергии на одного обучающегося. Однако не все модели удовлетворяют критерию точности, поэтому необходимо уточнение и увеличение исходной информации. Созданная методология может быть применена к решению других технических задач по моделированию.

УДК 621.311

А.Б. ЛОСКУТОВ, Е.Н. СОСНИНА, А.А. ЛОСКУТОВ

## КОНЦЕПЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время считается, что распределенная генерация уже в ближайшей перспективе может стать экономически эффективным вариантом электроснабжения. С точки зрения надежности и равномерности распределения нагрузок наиболее рациональными и перспективными являются так называемые равномерно-распределенные сети. Это совокупность равномерно-распределенных узлов потребления электрической энергии, соединенных между собой равномерно-загруженными линиями одинакового сечения.

В рассматриваемой концепции предлагается строить распределенные сети в виде шестиугольников. Примеры построения таких сетей приведены на рис. 1.

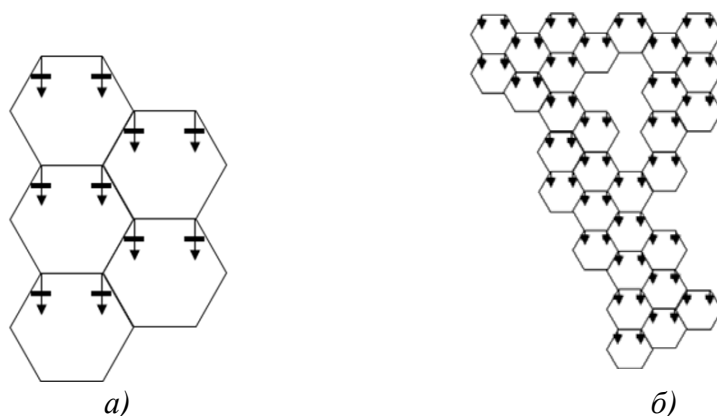


Рис. 1. Узлы нагрузки - сеть первого уровня (6-10 кВ):

*a* – принцип формирования узлов нагрузки, *б* – территориально распределенная сеть

В узел нагрузки приходит 3 луча. Один луч – питающий, второй – резервный, третий – транзитный. Данную сеть можно менять в зависимости от территории и нагрузки (рис. 1, *б*).

Преимущества равномерно-распределенных сетей:

- возможность конфигурации сети в зависимости от особенностей территории и необходимости в узлах присоединения нагрузок;
- возможность присоединения малых и средних генерирующих мощностей в любой точке сети;
- унифицированность и комплектность электрооборудования;
- возможность стандартизации и автоматизации процессов управления;
- возможность соединения питающих и транзитных лучей распределительной сети;
- поэтапное внедрение, в том числе, в существующих распределительных электросетях и распределительных устройствах.

К недостаткам рассматриваемых сетей можно отнести значительное увеличение стоимости оборудования и избыточную мощность сети. Однако избыточная мощность дает перспективу развития и снижает электрические потери.

Работа данной сети предусматривает параллельную работу компьютерной сети, которая может быть аналогом сети Интернет. С помощью компьютерной сети будет осуществляться обмен данными и управление равномерно-распределенной сетью. Узловым элементом таких сетей является интегрированный управляющий модуль, позволяющий реализовать функции управления, защиты, хранения и передачи информации.

Внедрение распределенной энергетики обеспечит высокую надежность электроснабжения потребителей, позволит построить автоматизированную, саморегулируемую систему, не требующую диспетчерского управления.

УДК: 620.92

Г.Я. ВАГИН, Е.Н. СОСНИНА, П.В. ТЕРЕНТЬЕВ

## НОРМИРОВАНИЕ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ БЮДЖЕТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для расчета норм расходов тепловой энергии нормативные документы рекомендуют применять удельные отопительные характеристики на 1 м<sup>3</sup> объема здания. Указанные характеристики были получены в 70-е годы прошлого века. Они не учитывают материал ограждающих конструкций зданий, поэтому их применение может давать как большие завышения, так и большие занижения расчетных отопительных нагрузок.

Здание – сложный энергетический объект, состоящий из множества элементов ограждающих конструкций, защищающих помещения от неблагоприятных воздействий климата, и инженерного оборудования (вентиляция, кондиционирование), поддерживающего в помещении определенные параметры внутренней среды. Поэтому для моделирования теплового режима здания следует использовать методологию системного подхода.

Математическая модель здания как единой энергетической системы включает в себя три составляющие: математическую модель наружного климата; теплопередачи через оболочку здания; лучистого и конвективного теплообмена в помещениях здания.

Систему элементов и связей, моделирующую тепловой режим помещения, можно представить в виде графа, в котором каждому элементу помещения как единой теплоэнергетической системы соответствует вершина графа, а связи между элементами помещения или с внешними элементами – дуги графа. Схема теплового баланса помещения может быть задана в виде матрицы соединений вершин графа. Матрица будет отображать топологическую структуру графа теплового баланса помещения.

Математическая модель теплового режима помещения является элементом системы более высокого порядка – теплового режима здания. Связями между этими элементами является теплообмен между помещениями, происходящий за счет воздухообмена и теплопередачи через внутренние ограждения. Особенностью характера взаимосвязей между показателями теплового режима помещений является то, что здесь имеют место направленные непрерывные процессы. При этом конечные, или «выходные», показатели  $k$ -го помещения ( $k = 1, 2, \dots, n-1, n$  – число помещений) служат начальными, или «входными», показателями для  $(k+1)$  помещения. Такую замкнутую взаимосвязь показателей можно представить в векторно-матричной форме:

$$T_k = T_k [\Omega_k; T_k (\Omega_k)], \quad (1)$$

где  $T_k$  – совокупность зависимых параметров (например, показателей теплового режима  $k$ -го помещения);  $\Omega_k$  – совокупность независимых параметров (например, теплотехнических показателей  $k$ -го помещения и его ограждающих конструкций) и зависимых параметров для  $(k-1)$  помещения.

Математическая модель теплового режима помещения в наиболее частом случае представляет собой систему двух уравнений: уравнения теплового баланса внутреннего воздуха (2) и уравнения воздушного баланса помещения (3):

$$\begin{cases} \sum_i Q_i + \sum_j Q_j = 0 \\ \sum_i M_i + \sum_j M_j = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \sum_i M_i + \sum_j M_j = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где  $Q_i$  – конвективное тепло, передаваемое внутреннему воздуху от внутренних поверхностей ограждений и поверхностей оборудования, омываемых этим воздухом;  $Q_j$  – конвективное тепло, непосредственно передаваемое воздуху помещения, например, от калориферов;  $\dot{I}_i$  – потоки воздуха через ограждающие конструкции (экспфильтрация и инфильтрация);  $\dot{I}_j$  – потоки воздуха, непосредственно передаваемые в помещение или удаляемые из помещения.

Рассмотренный подход позволяет получить математическую модель теплового баланса здания для нормирования расходов тепловой энергии для бюджетных учреждений.

УДК 621.311.26

Е.Н. СОСНИНА, Д.А. ФИЛАТОВ

## **РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ БАЗЫ ДАННЫХ ПО АЛЬТЕРНАТИВНЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Надежность электроснабжения потребителей повышается при одновременном использовании нескольких источников энергии различной природы (например, электрическая сеть (ЭС), ветроэлектроустановка (ВЭУ), солнечные батареи (СБ), дизель-генератор (ДГ) и др.) В этом случае основной проблемой является возможность синхронизации нескольких источников электроэнергии с сетью.

Созданный на базе НГТУ им. Р.Е. Алексеева экспериментальный образец модульного устройства решает проблему сопряжения разнородных источников электроэнергии с потребителем и сетью в рамках 10 кВА. Устройство сопряжения источников электроэнергии предназначено для преобразования различных выходных параметров альтернативных источников электроэнергии (АИЭ) к стандартным параметрам электрической сети (напряжение, частота, форма сигнала) в соответствии с ГОСТ 13109-97. Устройство может иметь различное сочетание модулей (СБ – ЭС, ВЭУ – СБ – ЭС, гидрогенератор – ВЭУ – ЭС и т.п.) в зависимости от требований заказчика. Для того, чтобы устройство оказалось востребованным на российском электротехническом рынке, необходимо, чтобы входные параметры модулей были согласованы с выходными параметрами АИЭ.

Цель работы - формирование базы данных по альтернативным источникам электроэнергии, выпускаемым отечественными производителями, и анализ их параметров, направленный на оптимальный выбор оборудования.



База данных по АИЭ будет включать в себя следующие разделы: ветроэлектроустановки; гидрогенераторы микро- и мини-ТЭЦ; солнечные батареи; топливные элементы; дизель-генераторы; аккумуляторы и др.

Собраны данные по ВЭУ. Данный раздел БД содержит информацию о механических характеристиках (частота вращения ротора и т.д.), электрических характеристиках (напряжение, ток, частота и т.д.), конструкционных особенностях ВЭУ, условиях окружающей среды, оптимальных для работы установок. Также включена информация о производителях указанных источников электроэнергии.

Анализ собранной информации является приложением к БД и представляет собой статистическую и аналитическую обработку данных по оборудованию ВЭУ, предлагаемому производителями. В приложении наглядно показаны зависимости характеристик преобразовательных установок от внешних условий и внутренних параметров. Анализ БД проводится по различным критериям оптимизации. В зависимости от приоритетов электропотребителя (мощность, стоимость, массогабаритные показатели и т.д.) информация позволяет оперативно найти конкурентноспособный вариант и в конечном итоге принять оптимальное технико-экономическое решение.

### Преобразователи параметров электрической энергии

---

---

УДК 621.3

А.В. ПУЧЕНКИН

#### **ИНТЕГРАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМУ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Быстрый рост электропотребления является одной из наиболее актуальных проблем современной энергетики. Не менее важной проблемой является поддержание параметров питающей электросети и обеспечение стабильности энергообеспечения в аварийных ситуациях. Обе эти проблемы можно частично или полностью разрешить при помощи солнечных батарей.

В настоящее время использование солнечных батарей и систем на основе солнечных элементов плохо интегрировано с традиционными источниками энергообеспечения. В то время как возможность энергоотдачи солнечных элементов стремится к своему максимальному значению, эффективность преобразования и распределения солнечной энергии до конца не изучена. Так, при эксплуатации солнечных элементов можно столкнуться со следующими трудностями:

- 1) высокая стоимость солнечной энергии;
- 2) сильная зависимость от географического положения, а также сезонность и неоднородность получаемой энергии;
- 3) низкий КПД солнечных элементов;
- 4) сравнительно большие размеры системы;
- 5) сопряжение блока солнечных батарей с общей энергосетью;
- 6) использование аккумуляторных батарей и емкостных накопителей как демпфера электроэнергии.

В работе предлагается анализ различных технических возможностей преобразования солнечной энергии для получения максимальной экономической эффективности, а также на её основе даются рекомендации по выбору оптимального объема системы. Рассматриваются исследования способов включения солнечных батарей, различные корреляции выходной мощности от различных схмотехнических и динамических параметров преобразователя.

При использовании произвольных солнечных элементов и произвольных типов нагрузки требуется изменение параметров преобразователя, для обеспечения отъема максимальной мощности от блока солнечных батарей. Для этого предлагается использование микропроцессорной системы управления, работающей на основе генетического алгоритма. Данный алгоритм позволяет обеспечить эффективность любой конфигурации системы с отклонением в 2-3% от максимальной. В работе приведены сравнительные анализы а также динамические характеристики при его использовании.

Для обеспечения эффективного использования солнечных батарей необходимо использовать демпфер в виде блока аккумуляторных батарей. В работе приведен сравнительный анализ различных типов аккумуляторных батарей и даны рекомендации относительно их выбора.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЗАРЯДНОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ НА ОСНОВЕ РЕЗОНАНСНОГО ИНВЕРТОРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одно из важнейших звеньев в составе импульсных систем электропитания – зарядное устройство (ЗУ), выполняющее функцию преобразования потока энергии, передаваемой из источника питания в накопительный конденсатор (НК). ЗУ, в общем случае питания от сети переменного напряжения, включает в себя входной выпрямитель, сглаживающий фильтр и зарядный преобразователь (ЗП). Все более широкое применение получают ЗП на основе автономных резонансных инверторов (АИР), выполненных на *IGBT* с шунтирующими диодами [1]. Они имеют простую силовую схему, малые потери за счет бестоковой коммутации *IGBT*, надежны в работе и имеют естественное токоограничение при коротком замыкании в цепи НК.

В результате проведенных исследований разработанной математической модели ЗП с последовательным АИР установлено, что такое устройство работает в режиме постоянства зарядного тока НК, что обеспечивает высокий КПД ЗУ в диапазоне приведенных значений напряжений зарядки НК от нуля до напряжения питания ЗП.

Исследования модели показали, что существенное влияние на работу ЗП оказывают параметры входящего в его состав высоковольтного трансформатора - индуктивность намагничивания контура и собственная емкость вторичной обмотки. При определенных сочетаниях этих параметров в ЗП появляются коммутационные потери. Введение, при необходимости, в схему ЗП конденсатора относительно небольшой емкости, шунтирующего вторичную обмотку, позволяет устранить данное явление.

Получены аналитические соотношения, позволившие определить требуемые относительные значения емкости шунтирующего конденсатора, обеспечивающие минимальные потери в *IGBT*, в функции относительного значения приведенного максимального выходного напряжения ЗП (рис.1). Произведена оценка влияния величины емкости шунтирующего конденсатора на выходную мощность ЗП. Проанализирована работа ЗУ в режиме стабилизации напряжения НК.

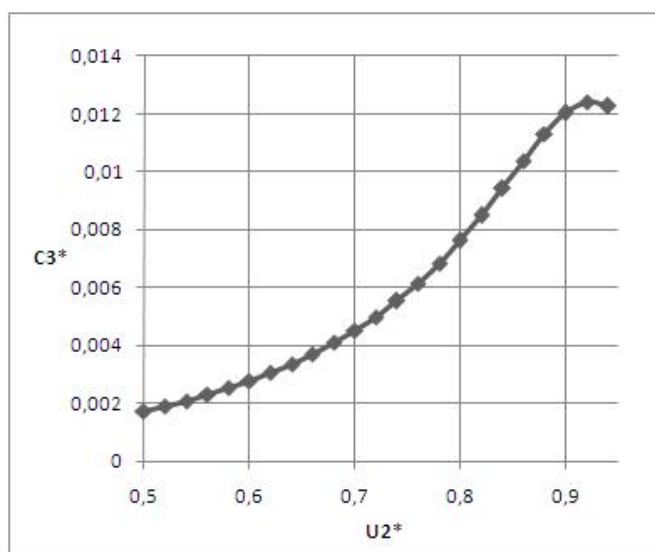


Рис. 1. Зависимость емкости конденсатора от выходного напряжения

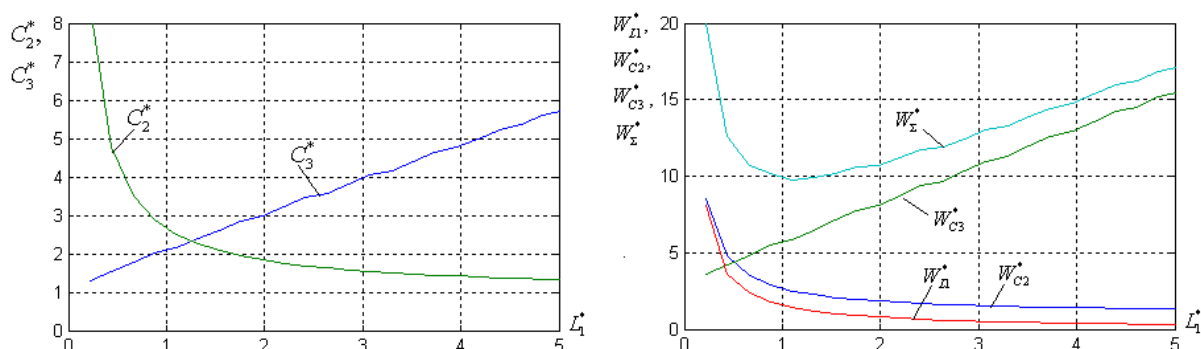
## ТРАНЗИСТОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ДРОССЕЛЕМ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из основных компонентов импульсных систем электропитания (ИСЭ) с накопительными конденсаторами (НК) являются зарядные преобразователи (ЗП) в качестве которых широко применяются транзисторно-конденсаторные преобразователи (ТРКП) с резонансным характером процессов, протекающих в силовых цепях. Они характеризуются простой силовой схемой, малыми коммутационными потерями и устойчивостью к аварийным режимам в цепи нагрузки.

В работе приведены результаты исследований электромагнитных процессов в ЗП на базе таких ТРКП с дополнительным НК и дросселем в цепи постоянного тока, которые обеспечивают безаварийное функционирование ИСЭ при перезарядке НК до напряжения обратной полярности.

Разработанные в ходе исследований аналитические математические модели позволили выявить основные закономерности работы ЗП и получить количественные соотношения между параметрами элементов силового контура, при которых обеспечивается бестоковая коммутация транзисторных ключей ТРКП, рассчитана их энергоемкость. Определена область оптимальных значений параметров при бестоковой коммутации в ТРКП, что позволило минимизировать суммарную энергоемкость реактивных элементов (рис. 1).



**Рис. 1. Расчетные зависимости ТРКП от величины относительной индуктивности силового контура ( $C_2^*$ ,  $C_3^*$  - относительные емкости разделительного конденсатора и дополнительного НК;  $W_{L1}^*$ ;  $W_{C2}^*$ ,  $W_{C3}^*$ ,  $W_{\Sigma}^*$  - относительные значения энергоемкости отдельных элементов и суммарной энергоемкости силового контура ТРКП)**

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ИНВЕРТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В рамках данного доклада рассмотрены основные принципы формирования управляющих сигналов для работы автономного инвертора напряжения в составе устройства сопряжения системы нетрадиционных источников электроэнергии с питающей сетью.

На примере математической модели трёхфазной мостовой схемы инвертора напряжения произведён сравнительный анализ систем управления, выполненных на базе широтно-импульсной и пространственно-векторной модуляции. Представлены спектральные характеристики напряжения и тока нагрузки для определённых частот коммутации силовых ключей. Построены регулировочные и нагрузочные характеристики. Кроме того, осуществлён анализ изменения коэффициентов гармоник в зависимости от частоты коммутации ключей и изменения амплитуды модулирующего сигнала.

Даны рекомендации по выбору системы управления в зависимости от качества требуемых выходных параметров инвертора и потерь на ключевых элементах. Сделан вывод по оптимизации способов регулирования и управления.

УДК 621.3

С.И. ДОБРЯЕВ

### **ЧАСТОТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С МАКСИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

В докладе изложены результаты исследования возможностей оптимального частотного управления асинхронным двигателем в части использования его конструктивных ресурсов.

Проанализированы ресурсные возможности электрической машины. Проблема максимального использования ресурсных возможностей электрической машины актуальна в настоящее время, так как это позволит наиболее полно использовать эксплуатационные резервы машины, что положительно отразится на экономической эффективности электрооборудования.

В докладе рассмотрено частотное управление электроприводами различных механических систем: насосов, вентиляторов, механизмов подъема, передвижения и других с разной зависимостью момента сопротивления механизма от угловой скорости рабочего органа.

При исследовании рассмотрены возможности наиболее эффективного использования асинхронной машины за счет нахождения оптимальных соотношений регулируемых величин частоты и напряжения при технологически необходимых величинах скорости и момента привода с учетом магнитного насыщения и теплового состояния системы.

Приведены математические модели асинхронного двигателя с учетом ресурсных возможностей. Моделирование представлено в Matlab Simulink. Наиболее качественное решение задачи максимального использования ресурсов двигателя получено на модели векторной системы частотного управления, позволяющей управлять не только амплитудой, но и фазой вектора, изображающего потокосцепление ротора двигателя. При оптимальном регулировании потокосцепления ротора может быть обеспечена перегрузочная способность двигателя, значительно превышающая паспортную перегрузочную способность в соответствии с величиной критического момента на естественной механической характеристике. Наиболее существенен эффект оптимизации в области перегрузок по моменту, где полезно форсировать магнитный поток также, как у двигателей постоянного тока с последовательным возбуждением.

В работе представлены и описаны результаты проведенных экспериментов как при питании электродвигателя от «идеального», с синусоидальной формой напряжения, источника регулируемой частоты, так и от реального преобразователя частоты с широтно-импульсным регулированием напряжения и тока. Показано, что полученные оптимальные соотношения значений напряжения и частоты, их целесообразные функциональные зависимости практически не зависят от способа регулирования питающего напряжения.

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ С АКТИВНЫМ ФИЛЬТРОМ ГАРМОНИК И КОМПЕНСАЦИОННЫМ ВЫПРЯМИТЕЛЕМ В ЗВЕНЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Актуализация проблемы электромагнитной совместимости устройств силовой электроники связана как с усилением обратного влияния преобразователей переменного тока в постоянный на питающую сеть в связи с их непрерывно расширяющимся распространением, так и с ростом требований к качеству электрической энергии в сети из-за лавинного роста ответственных потребителей, чувствительных к качеству электрической энергии.

Поскольку двигатель не всегда работает в номинальном режиме с максимальной производительностью, то имеется возможность для электрооборудования работать не только на выполнение технологического процесса, но и генерировать реактивную мощность в сеть. Применение в частотно-регулируемом приводе преобразователя частоты с компенсационным выпрямителем в звене постоянного тока позволяет снизить затраты промышленных предприятий благодаря компенсации реактивной мощности на месте потребления. Однако, если углы управления вентилями анодной и катодной групп одинаковы, то они диктуются механической нагрузкой на электродвигатель, и компенсационный преобразователь генерирует реактивную мощность в сеть «по остаточному принципу».

Автором предложено использовать раздельное управление углами вентилях групп, работающих при естественной и принудительной коммутации. Такой подход позволяет решать и технологическую задачу, обеспечивая заданные момент и скорость вращения двигателя, и регулирование величины компенсируемой реактивной мощности в сети. В докладе поставлена задача оптимизации, указаны ограничения, представлены переменные, обеспечивающие при определенных соотношениях использование всей установленной мощности компенсационного преобразователя.

Однако при таком управлении преобразователем появляется отрицательный фактор – гармоники тока в сети, в том числе и четные. Применение активного фильтра гармоник позволяет улучшить качество электрической энергии.

В докладе приводятся преимущества данной системы по сравнению с применяемыми в настоящее время, а также схемные решения данного вопроса.

Изучены и проанализированы энергетические показатели системы, гармонический состав фазных токов, способы управления компенсационными выпрямителями, характер и время переходных процессов регулирования скорости и реактивной мощности.

По результатам моделирования данной системы получены результаты, имеющие практическую значимость.

**КОРРЕКТОР НЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ МНОГОУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Вследствие значительного роста мощностей крупных потребителей электроэнергии весьма актуальной становится задача улучшения параметров качества электроэнергии. К крупным токоприемникам относятся установки с потребляемой мощностью выше 1000 кВт, которые подключаются непосредственно к высоковольтным распределительным сетям про-

мышленных предприятий. Управление режимами работы этих установок осуществляется полупроводниковыми преобразователями, существенно ухудшающими качество электроэнергии. Потребление реактивной мощности и наличие в кривой тока высших гармонических составляющих приводит к увеличению действующего значения тока и потерь в сети переменного тока при передаче энергии преобразователю, а также к нарушению нормальной работы и снижению срока службы электрооборудования, снижению количества и качества выпускаемой продукции. Все устройства коррекции коэффициента мощности можно условно разделить на три группы: компенсаторы реактивной мощности, компенсаторы мощности искажений, компенсаторы всех неактивных составляющих полной мощности.

В высоковольтных электротехнологических установках широко используются в качестве корректора неактивной мощности многоуровневые преобразователи. Существует множество топологий многоуровневых преобразователей, для данной задачи был выбран каскадный многоуровневый преобразователь (КМП). Ключевой узел КМП – многоуровневый инвертор напряжения, который состоит из нескольких последовательно соединенных идентичных однофазных мостовых инверторов. Такая модульная система может гибко расширить выходную допустимую мощность. Выходное напряжение КМП является геометрической суммой напряжений всех мостовых блоков. По сравнению с другими топологиями КМП требует наименьшего числа компонентов, чтобы достигнуть того же самого количества выходных уровней напряжения. Для удобства описания полученной модели КМП математические связи преобразованы из ABC в DQ0 координаты, которые могут эффективно применяться для любого числа уровней выходного напряжения. Система управления корректора неактивной мощности состоит из двух частей: внешнее и внутреннее управление. Внешнее управление зависит только от сети, к которой подключено устройство, а внутреннее зависит от выбранного преобразователя. Для того чтобы максимизировать стабильность системы, необходим быстрый отклик системы. Это достигается путем отдельного регулирования активной и неактивной составляющей тока, реализация управления независимо от силовых параметров преобразователя. Для оценки стабильности системы и ее оптимизации использованы классические методы теории управления. На основе полученных результатов улучшены характеристики регулирования с обратной связью и устойчивость системы.

УДК 621.313.32

А.С. СТЕКЛОВ

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Синхронные машины наиболее часто моделируются на основе уравнений, записанных в осях, неподвижных относительно ротора данной машины (система  $d, q$ ). Известны также другие системы записи уравнений (запись в синхронно вращающейся системе координат, в координатах, связанных со статором, и др.). Для отчетливого представления о преимуществах и недостатках отдельных вариантов изображения машин переменного тока целесообразно рассмотреть подробно различные формы записи физических процессов в синхронных машинах, представляющих собой наиболее общий случай машин переменного тока.

Синхронная машина будет рассматриваться как элемент системы автоматического регулирования. Окончательной целью является получение структурной схемы, которая может быть положена в основу составления модели синхронной машины.

Применяемая методика пригодна для рассмотрения любых модификаций синхронных машин, но в каждом конкретном случае необходимо учитывать особенности конструктивного выполнения машины. В качестве примера рассматривается явнополюсная трехфазная син-

хронная машина нормального исполнения. Обмотка якоря размещается на статоре, основное поле создается обмоткой возбуждения, расположенной на роторе. Магнитопровод машины имеет две оси симметрии – продольную и поперечную. Ротор машины снабжен демпферной обмоткой.

При исследовании физических процессов в синхронной машине обычно отвлекаются от второстепенных явлений, оказывающих незначительное влияние на работу машины. Например, дифференциальные уравнения синхронной машины, впервые составленные Парком, описывают процессы в идеализированной машине.

В работе приводятся основные уравнения синхронной машины, позволяющие моделировать электромагнитные процессы при различных задающих и возмущающих воздействиях.

УДК 621.315

А.Л. КУЛИКОВ, А.А. ПЕТРУХИН, А.С. СВЕЧНИКОВ

### **ОБНАРУЖЕНИЕ ГОЛОЛЁДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АКТИВНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СЛОЖНЫМИ СИГНАЛАМИ**

ОАО "ФСК ЕЭС" - Нижегородское предприятие магистральных электрических сетей

Проблема предотвращения гололёдообразования в электрических сетях актуальна для многих регионов Российской Федерации. Гололёдные и гололёдно-ветровые нагрузки являются одними из основных причин наиболее тяжёлых по своим последствиям нарушений в работе воздушных линий.

Известны различные методы, применяемые для обнаружения гололёдно-изморозевых отложений. Большинство из них основывается на размещении специальных датчиков гололёдообразования на опорах вдоль ЛЭП и организации выделенного телекоммуникационного канала сбора информации от датчиков. Однако такой подход требует значительных материальных затрат на создание системы и дополнительных эксплуатационных расходов.

Существенно меньшие затраты необходимы для реализации системы обнаружения гололёдообразования с использованием активного зондирования импульсными сигналами. При этом оборудование устройств активного зондирования ЛЭП размещается на подстанциях и входит в состав комплекса средств АСУ ТП.

Авторами предлагается новый способ обнаружения гололёдных образований, предполагающий излучение сложных импульсных частотно-модулированных сигналов и множественную согласованную фильтрацию отражённых импульсов. Отличием разработанного метода от известных подходов является повышенная чувствительность, что позволяет определить не только размеры отдельных участков гололёдообразования ЛЭП, но в перспективе и толщину стенки гололёда на этих участках.

Предлагаемый способ целесообразно реализовать на базе устройства определения мест повреждений ЛЭП типа «АЛИМП». И может найти широкое применение, как в магистральных, так и в распределительных электрических сетях. Раннее обнаружение гололёдообразования и принятие решения по плавке гололёда позволит предупредить повреждения воздушных линий.



УДК 621.7.068

А.А. КОРНИЛОВ, А.В. ПЛАТОНОВ, О.Н. СТАРОСТИНА,  
Е.Н. МАРСАВИНА, Ю.В. ФАДЕЕВА

### РАСШИРЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕНДА ДЛЯ РЕМОНТА ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Распространенным повреждением колесного диска при эксплуатации автотранспорта является деформация закраин вовнутрь посадочной поверхности диска с его лицевой и задней стороны. Оснастка, разработанная в институте, позволяет исправлять данный дефект на всех видах дисков автомобильных колес. Конструкция стенда с отдельными стойками позволяет править диски больших размеров (более 20 дюймов).

В «Стенде для правки дисков автомобильных колес» «Премьер-М» предназначенном для восстановления геометрии штампованных дисков диаметром от 13 до 16 дюймов включительно легковых отечественных автомобилей («ВОЛГА», «НИВА», «СОБОЛЬ», «ГАЗЕЛЬ»), а также импортных автомобилей, данный дефект исправляется методом прокатки при помощи четырех опорных роликов.

Недостатком данного стенда является то, что на нем невозможно исправить дефекты литых и кованных дисков, выраженные в виде деформации закраин вовнутрь полости диска.

Предлагаемым техническим решением является задача создания более совершенного стенда с расширенными функциональными возможностями. Этот технический результат достигается тем, что:

1) в комплекте стенда имеется специальная насадка – пуансон внутренний 1, имеющий криволинейную рабочую поверхность. Пуансон фиксируется на поверхности диска посредством специального захвата состоящего из двух частей – захват правый 11, захват левый 10. Захваты фиксируются в специальных отверстиях насадки, и закрепляются посредством болта 7, гайки 8 и двух шайб 9. Нагнетание рабочей жидкости в

полость силового домкрата 4, упирающегося в съемную опору 5, обеспечивает осевое перемещение сферической насадки 2 посредством штока 3, которая опирается в сферическое отверстие, выполненное в пуансоне внутреннем, в сторону лицевой или задней поверхности диска, восстанавливая деформированный участок борта до исходного состояния;

2) в стенде стойки 12, 13 соединены между собой швеллером и составляют с ним единое целое.

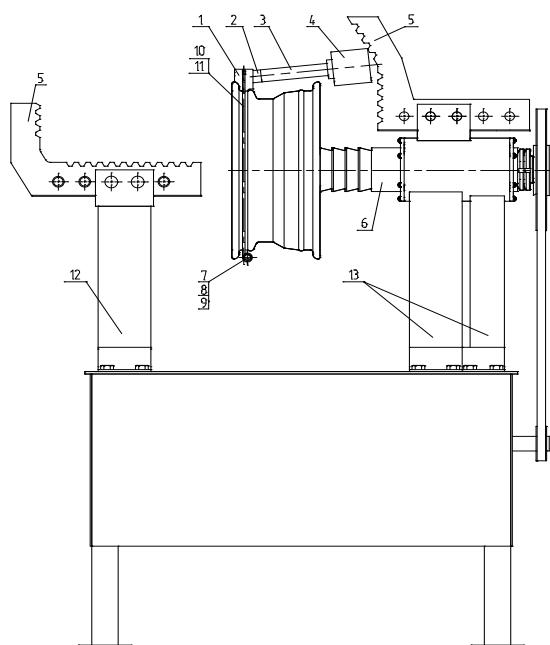


Рис. 1

Нами разработана конструкция стенда, в которой указанные стойки смонтированы на стол автономно. Это позволяет при необходимости править диски больших размеров (более 20 дюймов). Для этого при необходимости высоту стоек можно увеличить путем размещения между поверхностью стола и основаниями стоек 12, 13 специальных прокладок.

На данную разработку подана заявка на полезную модель.

УДК 539.3

В.М. ТИХОМИРОВА

## ИЗГИБ ПЕРВОНАЧАЛЬНО ПРЯМОГО СЖАТОГО СТЕРЖНЯ ПОСЛЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В процессе решения задач на устойчивость возникает вопрос, что происходит со стержнем после того, как он потерял устойчивость прямолинейной формы, когда сила, сжимающая стержень, становится большей, нежели эйлера.

Рассмотрим стержень, заделанный одним концом при свободном другом, подвергнутый воздействию на него равномерно распределенной нагрузки (например, собственный вес) уже после того, как стержень потерял устойчивость прямолинейной формы. Ставится задача определить величину равномерно распределенной нагрузки, необходимой для достижения угла  $\alpha = 90^\circ$ .

Рассмотрим равновесие отрезка BC (рис. 1):

$$M_{x_c} - \int_B^C p \cdot (y_c - \xi) dS = 0, \quad \xi = \xi(S) \equiv y(S);$$

$I$  - момент инерции сечения стержня;

$\theta$  - текущий угол поворота сечения стержня;

$p$  - распределенная нагрузка.

Произведя множественные математические преобразования, получаем выражение:

$\frac{d}{dS} \cdot EI \left( \frac{d\theta}{dS} \right) = -p \cdot S \cdot \sin\theta$ , из которого, интегрируя по всей длине стержня, получаем выражение для распределенной нагрузки  $p$ :

$$p = \frac{9 EI}{8 l^3} \left[ \int_0^\alpha \frac{d\theta}{\sqrt{\left( \cos \theta - \frac{z}{S} \right)}} \right]^2; \quad \frac{z}{S} - \text{переменная величина,}$$

$z(\theta), S(\theta)$  - текущие координаты

Зависимости текущих координат от  $\theta$  нам неизвестны. Полагаем, что формы упругой оси консольного стержня при закритической деформации под действием сосредоточенной силы на конце и под действием равномерно распределенной по длине нагрузки совпадают или, по крайней мере, почти не отличаются. Сначала решается задача для одной сосредоточенной силы на конце и получаются зависимости между  $S$  и  $z$  при сравнительно малых отклонениях.

$$z(\theta) = -\frac{1}{\sqrt{2} \cdot \beta} \cdot \int_{\alpha}^{\theta} \frac{\cos \theta d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \alpha}}; \quad S(\theta) = -\frac{1}{\sqrt{2} \cdot \beta} \cdot \int_{\alpha}^{\theta} \frac{d\theta}{\sqrt{\cos \theta - \cos \alpha}}.$$

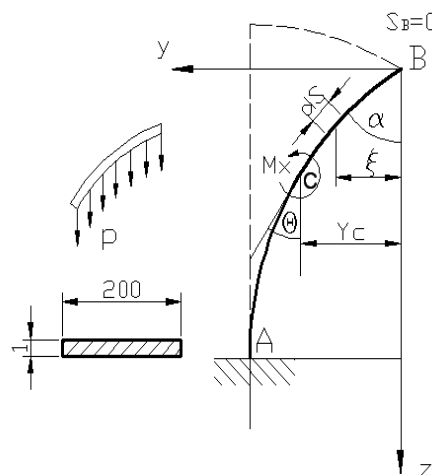


Рис. 1

## Расчет распределенной нагрузки

$\Theta$	1,570	1,413	1,256	1,099	0,942	0,785	0,628	0,471	0,314	0,157	0,000
$z(\Theta)$	0,000	0,024	0,067	0,123	0,187	0,260	0,338	0,421	0,507	0,596	0,685
$S(\Theta)$	0,000	0,422	0,611	0,756	0,881	0,993	1,096	1,193	1,286	1,378	1,498
$p$	<b>7,681</b>	4,450	3,175	2,312	1,654	1,144	0,739	0,425	0,195	0,051	0,000

Из таблицы видно, что для того чтобы загнуть стержень на угол  $\alpha=90^\circ$ , необходимо приложить равномерно распределенную нагрузку, равную 7,681 Н/м.

УДК 621.9

Т.В. ГОРЯЧЕВА, О.И. КУТИЛОВА

### СРАВНЕНИЕ САД-СИСТЕМ НА ПРЕДМЕТ ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время существует большое количество САД-систем, позволяющих конструктору создавать математические модели деталей и изделий в сборе, а затем производить детализацию с оформлением чертежей входящих деталей. Автоматизация этого процесса реализована в каждой системе по-разному. Перед конструктором встает вопрос выбора наиболее эффективной программы.

При проведении анализа САД-систем на предмет формирования чертежа детали будем рассматривать следующие функции:

- 1) возможность создания математических моделей сборки;
- 2) возможность простановки на математической модели сборки допусков размеров, формы, расположения, шероховатости,
- 3) возможность расчета конструкторских размерных цепей (с допусками);
- 4) возможность формирования чертежа детали с автоматическим перенесением в него размеров, допусков и шероховатости;
- 5) возможность изменения модели детали, сборки путем изменения чертежа детали;
- 6) наличие в чертеже всех необходимых видов и сечений при автоматическом формировании;
- 7) наличие в чертеже всех необходимых размеров, указанных в сборке.

Рассмотрим наиболее популярные САД-системы, результаты представим в табл. №1. В системе T-FLEX есть возможность создания математических моделей сборки путем создания деталей с их последующей компоновкой. Остальные функции отсутствуют.

В системе [Pro/ENGINEER](#) есть функция создания сборки путем создания деталей и их компоновки, функция простановки в модели шероховатостей, допусков и размеров, функция расчета размерных цепей. При изменении чертежа детали модель перестраивается по указанию конструктора. Система передает в чертеж детали проставленные в модели размеры и остальные параметры при указании конструктора. Недостаток - отсутствие в чертеже всех необходимых видов и разрезов, эта функция выполняется вручную конструктором с простановкой размеров.

В системе SolidWorks исследуемые функции аналогично [Pro/ENGINEER](#).

В системе Компас, AutoCAD реализация функций аналогично программе T-FLEX.

## Сравнение систем 3D-моделирования

№ п/п	Наименование системы	Функция						
		1	2	3	4	5	6	7
1	flex-CAD	+	-	-	-	-	-	-
2	Pro/ENGINEER	+	+	+	+	+	-	+
3	SolidWorks	+	+	+	+	+	-	+
4	Компас	+	-	-	-	-	-	-
5	AutoCAD	+	-	-	-	-	-	-

Из приведенной таблицы видно, что для формирования чертежа детали из математической модели сборки с простановкой размеров с допусками и шероховатостей более эффективно применение программ Pro/ENGINEER и SolidWorks.

УДК 621.74

А.Н. ГРАЧЕВ, Д.М. СЕДОВ

**ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМОВОЧНОЙ  
И СТЕРЖНЕВОЙ ХОЛОДНО-ТВЕРДЕЮЩЕЙ СМЕСИ  
С ЖИДКИМИ ОТВЕРДИТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ООО «ЛИТЕЙНАЯ ИНДУСТРИЯ»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в условиях ООО «Литейная индустрия» осуществляется перевод составов стержневых и формовочных смесей для средних и мелких стальных и чугунных отливок с песчано-глинистой на холодно-твердеющую. Это вызвано необходимостью сокращения цеховой номенклатуры формовочных и стержневых смесей, обеспечения стабильности их свойств, унификации процессов смесеприготовления.

Сотрудники кафедры «Литейно-металлургические процессы и сплавы» НГТУ совместно с технологами ООО «Литейная индустрия» пришли к выводу, что наиболее приемлемым для литейного цеха данной организации является использование холодно-твердеющей смеси (ХТС) с жидкими отвердителями, в частности, по AlpHaset-процессу, разработанному английским концерном Borden Chemical UK. Данный процесс обладает следующими преимуществами по сравнению с другими технологиями и связующими для ХТС: высокое качество поверхности отливок; меньшая подверженность горячим трещинам, заусенцам, просечкам и эффекту размыва; связующая система не использует N<sub>2</sub>, S или P; возможность заливки неокрашенных форм; легкая протяжка модели; хорошая выбиваемость формовочной смеси; возможность использования до 90% регенерата; низкий класс вредности использованных формовочных материалов.

В ходе работы был проведен анализ формовочного песка, получаемого литейным цехом ООО «Литейная индустрия» на зерновой состав, процентное содержание глинистой составляющей, что позволило определить оптимальное содержание смолы в зависимости от количества кварцевого песка и уточнить рецептуру смеси по отношению к справочным данным. На основании полученных составов ХТС с использованием имеющегося в цехе оборудования были приготовлены опытные замесы, смесь из которых была подвергнута исследованиям свойств на стандартных образцах, по стандартным методикам для данного способа отверждения. Таким образом, с экспериментальной точки зрения был окончательно определен интервал процентного содержания смолы и отвердителя в ХТС по AlpHaset- процессу.

Полученный опытный состав был опробован при производстве стержней средних и мелких отливок из номенклатуры литейного цеха ООО «Литейная индустрия», применение которого показало хорошие результаты.

УДК 621.7.068

Е.В. ДИАНОВА, А.В. ПЛАТОНОВ, Т.В. РЯБИКИНА, С.Н. КОЛГАНОВ

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БАЗИРОВАНИЯ ДИСКА АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА НА ФЛАНЦЕ СТЕНДА ДЛЯ ЕГО РЕМОНТА

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Важным условием качественного ремонта дисков является их точная установка при закреплении на стенде. В настоящее время существуют различные способы базирования и закрепления дисков на стенде. Стенды, разработанные в институте и изготавливаемые в нашем городе за последние годы, претерпели конструктивные изменения, как в части совершенствования выполнения ремонта дисков на данном оборудовании, так и по способу базирования и закрепления дисков.

В «Стенде для правки дисков автомобильных колес» (патент на полезную модель РФ №79259, кл. В21D3/16, В21 D1/10, В60S5/00, 27.12.2008) для центрирования диска относительно оси шпинделя и обеспечения наладки механизма правки на различные размеры дисков автомобильных колес устанавливаются сменные кольца, предусмотренные для каждого типоразмера. От дисков колес от 12 до 20 дюймов таких колец 40 штук. К тому же такой

способ базирования имеет недостаток в виду неточности базирования, так как в конструкции базирующих деталей имеется, по крайней мере, не менее чем три размерных параметра, вызывающих погрешность. К ним относятся: диаметр центрального отверстия диска, наружный и внутренний диаметр сменного кольца, два наружных диаметра шайбы, внутренний диаметр фланца.

Предлагаемым техническим решением осуществляется задача создания более совершенного способа закрепления диска на стенде, обеспечивающим надежность базирования, повышение качества ремонта, снижение трудоемкости и повышение производительности. Этот технический результат достигается тем, что в стенде для правки дисков автомобильных колес диск колеса устанавливается на съемную цангу 2, которая разжимается посредством конусной поверхности регулирующего болта 1 до размера центрального отверстия диска 5, устанавливается в гнездо шпинделя 3 и стопорится винтом, ось

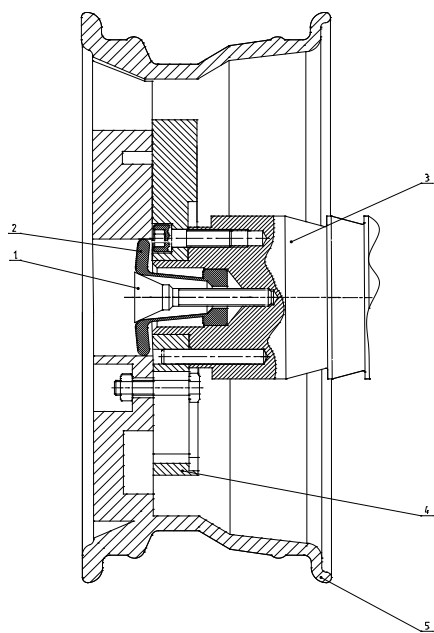


Рис. 1

которого расположена под углом близким к  $90^\circ$  к оси шпинделя и под углом  $45^\circ$  к осям размещения отверстий для болтов закрепления дисков (рис. 1).

Конструкция позволяет использовать одну цангу для закрепления дисков колес нескольких типоразмеров, значительно снизив погрешность базирования и исключив применение сменных колец. Погрешность базирования снижается за счет исключения зазоров между шайбой и шпинделем, шайбой и сменным кольцом, сменным кольцом и диском колеса. Цанга выполняет дополнительно функцию крепления разжатыми лепестками диска колеса к фланцу стенда.

На данную разработку подана заявка на полезную модель.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЛОЖНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС ТИПА “ВОСЬМЕРКА”

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Одной из распространенных деформаций литых, кованных и штампованных дисков автомобильных колес является деформация в виде отклонения от параллельности внутренней посадочной полости диска относительно опорной поверхности диска. У таких дисков в результате опрокидывания автомобиля или при наезде на бордюр проезжей части нарушается параллельность опорной поверхности диска и внутренних поверхностей закраин диска.

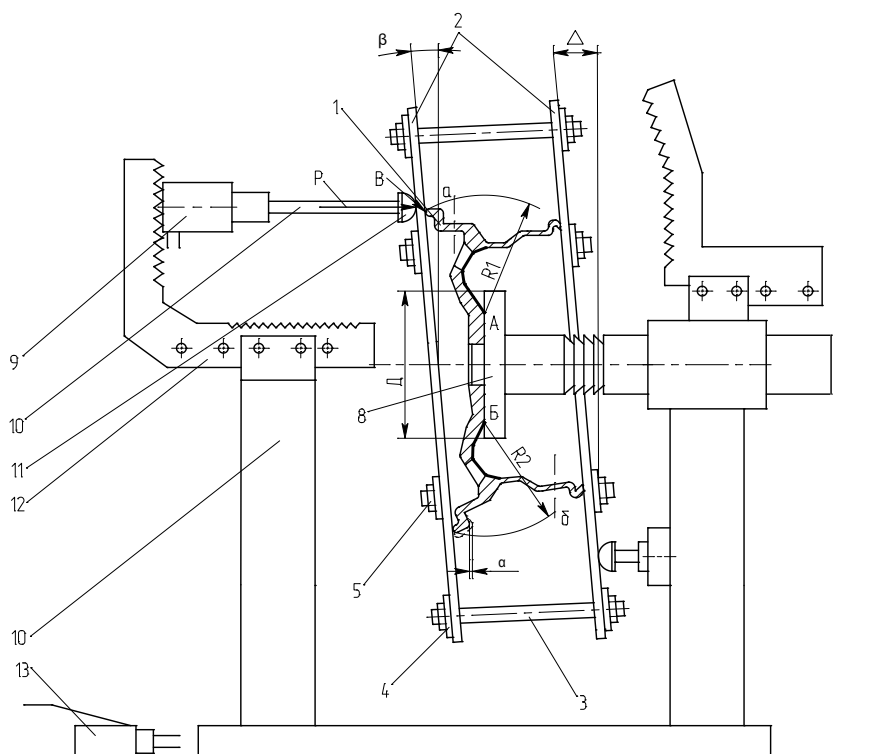


Рис. 1

На рис. 1 показана схема процесса восстановления геометрических параметров диска в процессе исправления описанного дефекта. Условные обозначения, принятые на схеме:

$\Delta$  – величина торцевого биения диска на максимальном диаметре;  
 $\alpha$ ,  $\beta$  – сечение посадочных поверхностей диска, где фиксируются величины радиального биения;

A – верхняя точка радиуса отгиба сечения диска влево;

B – нижняя точка радиуса отгиба сечения диска вправо;

D – наружный диаметр фланца станда;

$\alpha$  – деформация борта диска, отгиб вовнутрь;

$R_1$ ,  $R_2$  – радиусы поворота в процессе деформации;

V – точка касания шайбы с торцевой поверхностью закраины диска;

$\beta$  – величина радиального смещения торца диска;

P – усилие развиваемое инструментом при ремонте.

Проворачивая от руки диск 1, с закрепленными на его торцевых поверхностях опорными дисками 2, при помощи индикатора 9, смонтированного на специальной стойке 10,

определяется величина  $\Delta$  и радиальное биение в сечениях а, б. Маркером отмечается точка В, в которой величина  $\Delta$  максимальна.

Диск устанавливается так, чтобы точка В отстояла от опоры 10 стенда на максимальном расстоянии. Домкрат 11, в котором смонтированы удлинитель 12 и насадка 13, опирается в поверхность съемной опоры 14. Насосом 15 нагнетается рабочая жидкость в полость домкрата 11. Усилие Р, прилагаемое к плоскости опорного диска 2, действует в виде распределенной нагрузки на плоскость опорного диска 1 параллельно оси шпинделя стенда и все сечение диска смещается вокруг точек А и Б к его первоначальному (исходному) состоянию.

В целях придания пластичности материалу диска его поверхность нагревается в зоне, отмеченной жирной линией на рисунке. Воздействие усилия инструмента Р осуществляют до тех пор, пока величина  $\Delta$  будет соответствовать допустимому отклонению торцевого биения диска колеса 1.

На данную разработку получено положительное решение на полезную модель.

УДК 621. 923: 621.922

В.В. ГЛЕБОВ, М.Е. ЕГОРОВ, И.Г. ПУТКОВА

## **ВЫЯВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ХРУПКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Изготовление деталей из оптических стекол и ситаллов, служащих элементами прецизионных оптических систем, характеризуется наличием исполнительных поверхностей, точность которых обеспечивается абразивной обработкой.

В процессе взаимодействия двух твердых тел образуются области с напряженным состоянием. Зависимость максимальной величины напряжения от амплитуды колебаний  $A$ , силы прижима  $P$  и радиуса округления абразивных зерен  $R$  имеет вид

$$\sigma_{\max} = 2,9 \times n^{0,3} \times \eta^{-0,3} \times A^{0,45} \times P^{0,7} \times R^{0,15}, \quad (1)$$

где  $n$  - число зерен абразива, приходящееся на единицу площади торца инструмента.

При внедрении зерна в заготовку контакт упругий, затем возникает зона пластичности. На поверхности у границы площадки контакта появляются дуговые трещины, образующие в свою очередь кольцевые, диаметр которых определяется следующим образом:

$$d = 2,2 \times \sqrt[3]{R \times P/E}, \quad (2)$$

где  $R$  – радиус внедренной части зерна;  $E$  – модуль упругости обрабатываемого материала.

Повышение нагрузки ведет к преобразованию кольцевой и дуговой трещин в конические (конус Герца), а в дальнейшем к возникновению медианной трещины, что может привести к неисправимому браку. При разгрузке возникает система радиальных трещин, которые зарождаются у краев контактной площадки. После снятия нагрузки образуются боковые трещины, которые, пересекаясь с радиальными, образуют осколы.

Описанные выше типы трещин образуются и при динамическом контактном нагружении. Упрощенные модели в рамках квазистатического приближения аналогичны рассмотренным моделям для упругого статического нагружения и приводят к формуле для критической скорости:

$$v_c = K_{IC}^{5/3} \left( \frac{4k}{5m} \right)^{1/2} \left( \frac{R}{EB_2} \right)^{5/6}, \quad (3)$$

где  $m$  – масса ударника,  $B_2$  – эмпирическая постоянная.

Размер образующейся трещины зависит от динамической вязкости разрушения:

$$l^3 = \frac{8m^2v^4}{d^2K_{ID}^2} = 32 \left( \frac{U_k}{dK_{ID}} \right)^2, \quad (4)$$

где  $d$  – диаметр отпечатка,  $U_k$  – кинетическая энергия удара.

Практические приложения механики контактного разрушения при динамическом воздействии нацелены, главным образом, на построение моделей некоторых видов изнашивания. Критическое значение коэффициента интенсивности напряжений при  $n$  – числе трещин, можно оценить по формуле:

$$K_{ID} = 1,2mv / nd\sqrt{l^3}, \quad (5)$$

Из вышесказанного можно определить такие режимы абразивной обработки, при которых повысится производительность процесса, при требуемом качестве поверхности.

УДК 627.748

А.С. ЖАРИКОВ

## ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ К ГИДРОАБРАЗИВНОМУ ИЗНОСУ ГРУНТОЗАБОРНЫХ УСТРОЙСТВ ЗЕМСНАРЯДОВ

Волжская государственная академия водного транспорта

Эффективность работы речного технического флота в навигационный период эксплуатации определяет состояние водных путей. Для обеспечения безопасности судоходства на внутренних водных путях Российской Федерации ежегодно проводятся дноуглубительные работы в объеме 23 млн м<sup>3</sup>.

Физический износ, отсутствие финансовых средств на строительство новых судов и другие объективные причины привели к сокращению за последние 10 лет количества земснарядов более, чем на 20%.

Снижение количества земснарядов вызывает необходимость наиболее полно использовать имеющиеся суда в течение навигации. Вынужденные остановки на восстановление и ремонт существенно снижают эффективность использования судов технического флота.

Анализ работы судов технического флота показывает, что надежность их эксплуатации, сроки проведения текущих и средних ремонтов определяют техническое состояние деталей грунтозаборных устройств, подвергающихся повышенному гидроабразивному изнашиванию.

Основные направления повышения стойкости рабочих поверхностей деталей к гидроабразивному износу:

- использование новых материалов при изготовлении деталей;
- совершенствование конструкции и формы рабочих поверхностей деталей, работающих в условиях гидроабразивного изнашивания;
- нанесение на рабочие поверхности покрытий с заранее заданными свойствами (повышенной твердостью, прочностью).

Проведен аналитический обзор, позволяющий установить, что одним из перспективных методов повышения абразивной стойкости быстроизнашивающихся деталей земснарядов является электродуговой способ нанесения покрытий на рабочие поверхности с использованием порошковой проволоки. Этот метод простой и экономичный, не требующий специального оборудования и специального обучения персонала, имеющий высокую скорость наплавки и большой коэффициент использования материала.



Проведенные металлографические исследования и испытания покрытий на гидроабразивную стойкость на специально сконструированном стенде позволили установить, что наибольшей стойкостью к гидроабразивному изнашиванию обладают покрытия, нанесенные порошковыми проволоками ПП-АН167 и ПП-Нп-70Х5Г3М3С2ФР. Однако в покрытии с использованием проволоки ПП-Нп-70Х5Г3М3С2ФР образуется сетка поверхностных трещин.

Проведенные дополнительные исследования показали, что трещины не распространяются в основной металл Сталь 25Л, из которой изготовлены детали черпаковой цепи земснаряда (черпаки и промежуточные звенья).

Результаты исследований были использованы при разработке технологии по упрочнению рабочих поверхностей быстроизнашивающихся деталей черпаковой цепи, выбраны оптимальные режимы нанесения покрытий. Для упрочнения режущей кромки черпаков необходимо использовать порошковую проволоку ПП-Нп-70Х5Г3М3С2ФР, режимы нанесения: ток постоянный 230...250А, полярность обратная, для упрочнения полозьев необходимо использовать порошковую проволоку ПП-АН167, режимы нанесения: ток постоянный 250...270А, полярность обратная.

Разработанная технология внедрена на предприятии ООО «Октябрьский ССРЗ» и согласована с Российским Речным Регистром.

УДК 621.9

О.И. КУТИЛОВА, Т.В. ГОРЯЧЕВА

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ САПР ТП**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное машиностроительное производство испытывает постоянно возрастающую потребность в полноценных высокоэффективных системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Ключевым вопросом построением САПР ТП является вопрос о том, как в данной системе осуществляют синтез структуры объекта проектирования – технологического процесса, фрагментов технологического процесса, технологических операций. Существуют принципиально различные подходы к построению САПР ТП. Известны несколько классификаций методов проектирования технологических процессов, положенных в основу создания соответствующих САПР ТП.

Методы классифицируются по сложности задач синтеза на пять уровней:

- задачи, в которых структура ТП задается (т.е. собственно синтез отсутствует);
- перебор вариантов структуры, для выполнения которого задают полный перечень вариантов;
- выбор эффективного варианта из большого, но конечного множества методами исследований операций;
- выбор эффективного варианта из числа бесконечного множества (для сужения области поиска эффективного решения применяют эвристические правила отбора, режим диалога);
- задачи, которые решаются на уровне открытий и изобретений.

Предложенная классификация не подкреплена рекомендациям по процедурной реализации каждой из групп методов.

Выделяются две основные методологии проектирования ТП:

- проектирование на базе использования ТП-аналогов;
- синтез единичных ТП на основе конструктивно-технологических характеристик изготавливаемых изделий.

Также выделяются три метода автоматизированного проектирования ТП:

- индивидуальное проектирование;
- проектирование на основе группового технологического процесса;
- проектирование технологического процесса методом синтеза.

Анализ систем автоматизации проектирования технологических процессов показал, что сложность автоматизации проектирования структуры технологических процессов объясняется большой совокупностью правил проектирования, слабой их формализацией. При проектировании структуры технологических процессов требуется ввести большой объем необходимых исходных данных о детали. Для корректировки решений, облегчения процесса кодирования и ввода данных применяют диалог пользователя с системой.

Актуальной задачей в настоящее время является создание САПР ТП на базе метода синтеза технологических процессов. При этом открываются широкие возможности автоматизации работ технолога, вплоть до их автоматического выполнения.

УДК 658.588

А.В. ПЛАТОНОВ, М.В. ЗОТОВ, В.В. ГЛЕБОВ, И.А. ПЛАТОНОВ

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЁС

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е.Алексеева)



Рис. 1

Оборудование для ремонта дисков автомобильных колёс предназначено для использования на предприятиях по ремонту автотехники, в шиномонтажных мастерских, пассажирских автопредприятиях. Назначение данного оборудования – исправление дефектов и восстановление исходного состояния деформированных дисков.

На данный момент разработано следующее оборудование:

1. Стенд для правки дисков автомобильных колёс. Цель, которая достигалась в конструкции рассматриваемого стенда – это совмещение в одном стенде двух принципиально разных технологий ремонта дисков:

– для правки штампованных дисков используется способ ремонта краев диска четырьмя роликами при вращении диска;

– для ремонта литых дисков на стенде используется способ воздействия на дефектные участки диска гидравлическим домкратом.

2. Оправка для закрепления дисков при механической обработке.

Решение относится к приспособлениям для крепления деталей при их механической обработке, в частности, при обработке привалочных поверхностей дисков после проведения ремонтных работ.

Технический результат – возможность токарной обработки дисков после проведения ремонтных сварочных работ.

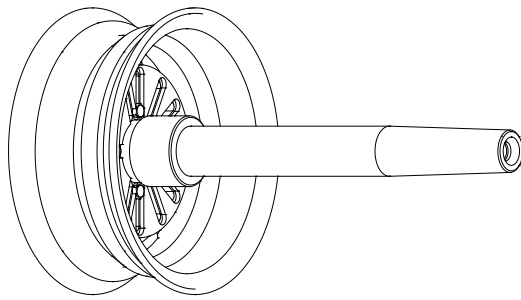


Рис. 2

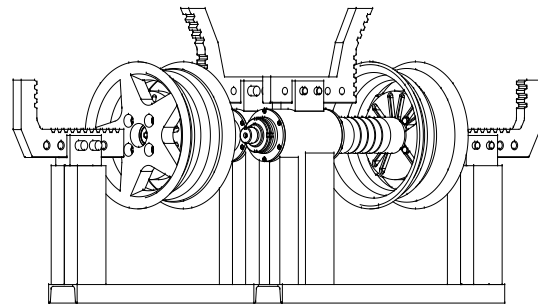


Рис. 3

### 3. Стенд для ремонта дисков.

Технический результат, обеспечиваемый заданным стендом, – повышение производительности за счет обеспечения ремонта одновременно двух дисков. Стенд содержит стол, на котором установлены два механизма для правки дисков колёс, расположенных зеркально относительно друг друга. Данное решение обладает необходимой жесткостью конструкции, так как не позволяет возникать прогибу стойки стенда.

На данные разработки получены патенты на полезные модели.

УДК 621.922.025

А.В. МАРКИСОНОВА, Д.А. ИГНАТЬЕВ

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРЦОВОГО ШЛИФОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТОМ, ОСНАЩЕННЫМ ВИБРОГАСИТЕЛЕМ

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Шлифование неметаллических материалов связанным абразивом – это процесс скоростного микроцарапания обрабатываемой поверхности совокупностью единичных алмазных зерен, распределенной по всей рабочей поверхности инструмента.

Независимо от характера разрушения материала, закономерности любого процесса шлифования характеризуются условиями работы единичного алмазного зерна.

Для повышения качества поверхности и производительности шлифования необходимо применять шлифовальные круги, в том числе сборные, эластичные и др. с повышенной способностью гашения вибраций в системе ”инструмент-заготовка”. К ним относятся сборные шлифовальные круги с однокаскадным и двухкаскадным динамическим виброгасителем.

Применение сборных шлифовальных кругов с двухкаскадными виброгасителями для торцевого шлифования заготовок обеспечивает получение высококачественных деталей при высокой производительности обработки.

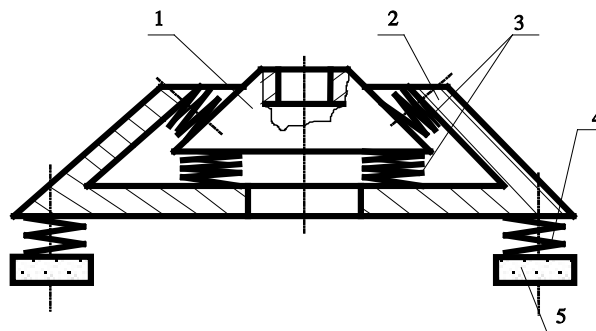


Рис. 1. Принципиальная схема СШК, оснащенного двухкаскадным виброгасителем:

1 – корпус; 2 – платформа; 3 – упругие элементы второго каскада;  
4 – упругие элементы первого каскада; 5 – шлифовальные сегменты

Использование математической модели для заданных технологических условий позволяет определить оптимальные конструктивно-технологические параметры и их соотношения для СШК с виброгасителями двух типов.

Математическое моделирование процесса обработки хрупких материала СШК с двухкаскадным виброгасителем может существенно повысить производительность процесса шлифования.

УДК 66.046.4

А.В. ПЛАТОНОВ, Н.А. БУТОРОВА, В.В. ГЛЕБОВ, В.И. ПРИПИСНОВ, С.Н. КОЛГАНОВ

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАГРЕВА ДИСКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛЕС В ЗОНЕ РЕМОНТА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Анализ стендов для правки дисков автомобильных колес, представленных в патентах и изобретениях, а также оборудования, серийно выпускаемого в России и за рубежом, показал, что нагрев диска осуществляется в основном универсальными нагревательными приборами, такими как паяльные лампы, промышленные электрофены, пропановые горелки, горелки "кислород-пропан" и "кислород-ацетилен". Причем не содержится информации об оптимальных температурах нагрева диска, а также не отмечено, как осуществляется контроль температур.

На лабораторном оборудовании Арзамасского политехнического института методом дифференциально-термического анализа была определена оптимальная температура нагрева диска в зоне ремонта, не превышающая 380°C, при этом после остывания диска сохраняются первоначальное состояние микроструктуры и механические свойства материала диска.

При проведении опытов, по применению некоторых из перечисленных приборов для нагрева дефектных зон диска, на нашем оборудовании («Стенд для правки дисков автомобильных колес») было определено, что только лишь применением горелок «кислород-пропан» и «кислород-ацетилен» достигается требуемая оптимальная температура нагрева. Однако горелками может быть обеспечен нагрев лишь малой области диска, непосредственно соприкасающейся с пламенем горелок, и, как следствие, невозможно исправлять дефекты дисков колес в виде «восьмерок», требующие равномерного нагрева диска по всему объёму. При непосредственном соприкосновении открытого пламени горелки с диском происходит окисление металла и защитного покрытия диска, что разрушает его поверхностную структуру и требует повторного нанесения защитного слоя. Одновременно снижается и срок эксплуатации диска. Применение газовых горелок сопровождается необходимостью строгого соблюдения правил техники безопасности при работе с открытым пламенем, а также по обслуживанию газового оборудования (хранения и транспортирования баллонов, находящихся под давлением).

Нами было создано устройство с расширенными функциональными возможностями, позволяющими устранить данные недостатки: «Универсальный стенд для правки дисков автомобильных колес» с использованием термообработки деформированного диска с помощью электрического нагревательного устройства, состоящего из внутреннего и наружного нагревателей, выполненных в виде плоских полуколец с размещенными внутри нагревательными спиралями, смонтированными на токопроводящих многожильных шинах и изолированными от корпусов нагревателей теплопроводным изолирующим материалом, и устройства для контроля температуры нагрева диска (термометр, пирометр). Также подано заявление в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам о выдаче патента РФ на данное изобретение.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОТС НА СТЕПЕНЬ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е.Алексеева)

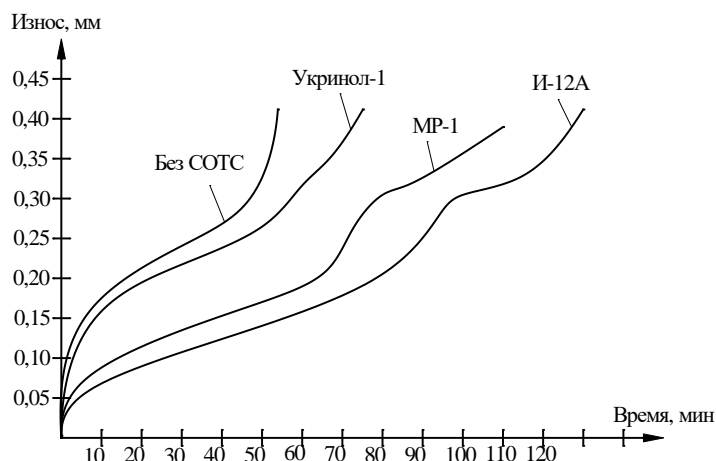
Одним из наиболее важных показателей эксплуатации режущего инструмента является его работоспособность, определяющая состояние, при котором режущий инструмент выполняет свою работу, имея износ рабочих поверхностей меньший критического значения. Обеспечить максимизацию работоспособности – значит повысить рост производительности труда, сэкономить дорогостоящий материал, энергию и трудовые ресурсы.

Эксперименты проводили при точении заготовок из Стали 45, Стали 40Х и нержавеющей стали 12Х18Н10Т, диаметром до 50 мм. Глубина резания 0,5 мм, подача 0,12 мм/об. Скорость резания 30 (базовая), 45, 50 м/мин для всех видов заготовок. Инструмент - токарный проходной прямой резец из быстрорежущей стали Р5М6 (ГОСТ 18869-73). Расход СОТС 2-3 л/мин.

В процессе испытаний производились измерения износа инструмента по задней поверхности, шероховатость обработанной поверхности. Измерение износа замерялось на измерительном микроскопе БМИ-1Ц. Измерение шероховатости  $R_a$  проводится специализированным прибором «MaSupt PS 1» с погрешностью не более 10%.

На базовых скоростях выполнялось четыре прохода новым углом режущей части резца. На остальных скоростях выполняется два прохода новым углом режущей части резца. Износ по задней грани и шероховатость измерялись с интервалом 3-6 минут при остановке процесса резания. Количество точек замера износа и шероховатости при работе одного резца от 5 до 10. Критерием отказа резца являлся износ по задней грани 0,3 мм для всех материалов.

Построенный график рис. 1 зависимости износа резца от времени при обработке всех трех видов заготовок с использованием различных СОТС позволил проследить, как изменяется износ резца по задней грани при применении той или иной СОТС.



**Рис. 1. Зависимость величины износа резца по задней грани от времени при точении заготовки из Стали 40Х при использовании различных СОТС (скорость резания 30 м/мин)**

СОТС позволяет в 1,2...4 раза повысить износ инструмента, на 20...50% повысить производительность труда, уменьшить энергозатраты при механической обработке.

## **ДИНАМИКА РЕЗОНАНСНОГО ВИБРАЦИОННОГО КОНВЕЙЕРА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одно из основных направлений развития промышленных предприятий связано с выпуском конкурентоспособных машин. При этом предполагается, что наука должна быть локомотивом конкурентоспособности экономики РФ.

Энергопотребление служит одним из главных показателей техники, определяет ее эффективность и уровень новых разработок.

В настоящей работе решается задача динамического уравнивания вибрационного конвейера с параметрическим возбуждением. При разработке новых вибрационных машин и технологий использованы принципы синергетики. Их работа основана на комбинационном параметрическом резонансе и явлении самосинхронизации. Важнейшим достоинством новых возбудителей колебаний является высокая стабильность резонансного режима колебаний и самосинхронизации нескольких вибровозбудителей на одном рабочем органе вибромашины.

На базе резонансных вибровозбудителей могут быть разработаны и созданы новые энергосберегающие вибрационные машины и технологии для использования в агропромышленном комплексе, сельском хозяйстве, строительной и пищевой промышленности.

Новые разработки дают возможность предложить заказчикам технические решения с учетом специфических требований по разработке резонансного оборудования для таких технологических процессов, как транспортирование, грохочение, измельчение, рассев и т.д.

Могут быть разработаны такие технологические устройства и машины, как:

- 1) резонансные вибрационные конвейеры;
- 2) питатели;
- 3) дробилки;
- 4) грохоты;
- 5) сита и другие вибромашины.

Существующее виброоборудование работает в далеко зарезонансном режиме и не удовлетворяет современным требованиям по технологической эффективности и производительности.

Один из наиболее эффективных способов повышения производительности, снижения энергетических затрат вибрационных машин основан на явлении резонанса. Однако реализация на практике возможностей резонансных машин представляет собой сложную проблему из-за низкой стабильности резонансного режима колебаний при обычном резонансе вынужденных колебаний.

Использование новых резонансных вибровозбудителей в качестве привода вибромашин позволяет существенно повысить их стабильность. Появляется реальная возможность создания высокоэффективных энергосберегающих вибрационных машин нового поколения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОТС НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ДЕТАЛЕЙ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е.Алексеева)

Рациональное применение эффективных СОТС при резании металлов является важным фактором повышения производительности труда, снижения шероховатостей поверхностей и улучшения качества обработанных деталей.

Исследование влияния различных СОТС на качественные характеристики проводилось в механических цехах ОАО «АПЗ». Для сравнения испытывались смазочно-охлаждающие жидкости на водной основе Укринол-1%(ТУ 38-101197-76) и масляной МР-1(ТУ 38-101247-75), и И-12А (ГОСТ 20799-75). Испытаниями было выявлено влияние сравниваемых СОТС на износ, стойкость режущего инструмента и на шероховатость поверхностей при точении и сверлении заготовок. Обрабатывали заготовки диаметром 30...50 мм, длиной 100...150 мм, шероховатостью Ra 6,3...12,5 из материалов: Сталь 45, Сталь 40Х и нержавеющей сталь 12Х18Н10Т.

Анализ результатов испытаний показал, что на операциях точения заготовок из углеродистых, легированных и коррозионно-стойких сталей и сплавов масляные СОТС обеспечивают большую технологическую эффективность, чем водные жидкости. МР-1 и И-12А дают максимальные значения периода стойкости инструмента при точении на скоростях от 30 до 50 м/мин и способствуют стабильному, равномерному изнашиванию инструмента, а также способствуют стабильной работе инструмента в области износа близкого к предельному значению. Также наблюдается снижение шероховатости поверхности при токарной обработке заготовок примерно на 10-12% при использовании масляных СОЖ по сравнению с водорастворимыми. Это объясняется тем, что смазывающее действие масляных сред препятствует образованию налипов металла на поверхностях инструмента, в результате чего снижается шероховатость обработанных поверхностей заготовки.

Однако на операциях сверления водные СОТС оказываются более эффективными по сравнению с масляными. Это объясняется тем, что масляная пленка испытуемых МР-1 и И-12А, образуясь на поверхности инструмента, вступает во взаимодействие с обрабатываемой заготовкой, вырывая её частицы, также данная масляная пленка может шаржировать абразивными продуктами резания и ухудшить качество обрабатываемой поверхности. При подаче СОТС на водной основе все абразивные частицы смываются с поверхностей инструмента. Нельзя также не отметить тот факт, что СОТС на водной основе более эффективно отводит тепло из зоны резания, а масляные СОТС способны понизить выделение тепла в ходе трения из-за образующейся пленки между инструментом и деталью.

Абразивные частицы и масляную пленку можно увидеть не только на поверхности инструмента, но и на обрабатываемой поверхности, в виде более темной поверхности. Удержанные таким способом абразивные частицы на поверхности заготовке могут значительно увеличить износ инструмента, а, следовательно, повлиять на период стойкости сверла и шероховатость обрабатываемой заготовки.

Таким образом, применение СОТС позволяет снижать шероховатость поверхностей при точении и стабилизировать микрорельеф со значений по Ra 2,5...3,2 до 1,6...2,5 соответственно, при использовании МР-1 и И-12А. При сверлении величина среднего арифметического профиля Ra, измеренного прибором «MaSupt PS 1», снижается на 15-20% при использовании СОТС Укринол-1 по сравнению с масляными.

УДК 666.1.053.3

И.В. КУЩЕНКО, Н.В. СТОРОЖЕВА

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ОТВЕРСТИЙ В СТЕКЛЕ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е.Алексеева)

В последние годы все больше создается изделий из материалов, обладающих высокой оптической чистотой и работающих при высоких температурах в условиях сложно-напряженного состояния и эрозии от действия различных агрессивных сред. Таким требованиям отвечают неорганические стекла и ситаллы.

Для повышения качества изделий из стекла, с учетом экономии и рационального использования материала, необходима оптимизация параметров механической обработки, ответственных за поврежденность и напряженное состояние поверхности изделий из стекла.

Дефекты и остаточные напряжения, возникающие в стекле в процессе механической обработки, в основном влияют на надежность и долговечность изделий. Работоспособность изделий из стекла определяется их специфическими эксплуатационными свойствами, такими как напряженное состояние, глубина трещиноватого слоя и др. Эти свойства одновременно являются показателями качества изделий из стекла.

Практика показала, что большинство отказов происходит вследствие действия остаточных напряжений, особенно когда эти напряжения достигают наибольшей величины на поверхности и складываются с рабочими напряжениями. В том случае, когда величина суммарных напряжений превышает допускаемое значение, происходит быстрое продвижение магистральной трещины и деталь разрушается.

Нами были проведены экспериментальные исследования на образцах из стекла и ситалла с целью установления влияния выбранных технологических режимов на величину остаточных напряжений при механической обработке стекла и ситалла. Установлены закономерности изменения показателей качества поверхности в зависимости от технологических параметров при сверлении отверстий малого диаметра алмазным сверлом (скоростей подачи и вращения сверла, зернистости алмазного слоя сверла, диаметра сверла), а также оптимальные сочетания технологических режимов, при которых достигается высокое качество поверхностного слоя для различных марок стекла и ситалла.

УДК 621.7

Е.А. ХОХЛОВА, М.Н. БОРОВКОВ, С.Е. БЕЛОВ

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УПЛОТНЕНИЙ СТАТОРА ТУРБОКОМПРЕССОРА ГТ-МГР**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Одним из компонентов турбомашин ГТ-МГР являются скользящие уплотнения статора турбокомпрессора (ТК), которые должны минимизировать байпасные протечки теплоносителя между полостями ТК с различным давлением.

Турбокомпрессор устанавливается вертикально внутри цилиндрической полости блока преобразования энергии (БПЭ). Образующиеся при этом кольцевые зазоры в местах расположения уплотняемых поверхностей перекрыты скользящими уплотнениями статора ТК.

К уплотнению предъявляется ряд требований:

- большой диаметр уплотняемых поверхностей от 1000 до 3200 мм;
- местные зазоры по торцу статора ТК и внутреннему диаметру БПЭ рабочих поверхностей уплотнения должны быть наименьшими, чтобы минимизировать протечки уплотняемой среды, для увеличения КПД установки;
- уплотнения должны обеспечивать надежный контакт с уплотняемыми поверхностями при изменениях диаметрального размера и формы уплотняемой поверхности, возникающих под влиянием градиента температур и давлений гелия, а также при радиальных вибрациях статора ТК.

Перечисленные факторы не позволяют использовать уплотнения типа поршневых колец, что вызывает необходимость разработки скользящих уплотнений сегментного типа.

Существующие методики расчета не позволяют выполнить точный газодинамический расчет протечек через уплотнение, т.к. необходимо учесть большое количество взаимосвязанных показателей, влияющих на результаты расчетов.

В ОКБМ на специальных стендах были проведены экспериментальные исследования макета скользящего уплотнения статора ТК на воздухе:

- без вибрации (1 этап);
- с вибрацией (2 этап).



Целями испытаний являлись:

- отработка конструкции, технологии изготовления и монтажа на макете скользящего уплотнения статора ТК;
- получение экспериментальных данных по газодинамическим характеристикам макета скользящего уплотнения статора ТК;
- проверка работоспособности макета скользящего уплотнения статора ТК в качестве радиальной фрикционной опоры.

Проведённые испытания подтвердили работоспособность макета скользящего уплотнения статора ТК при изменении перепадов давлений воздуха на уплотнениях и радиальной вибрации.

УДК 621. 791

А.С. САФРОНОВ, Б.П. КОНИЩЕВ, В.А. РЕШАНОВ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТРУКТУРУ И СЛУЖЕБНЫЕ СВОЙСТВА СВАРНЫХ СТЫКОВ РЕМОНТИРУЕМЫХ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При проведении ремонтных сварочных работ магистральных трубопроводов существует проблема изменений свойств трубных сталей в процессе длительной эксплуатации. Изменение структуры, о котором идет речь, описывается термином «деформационное старение».

Деформационное старение металлов – изменение механических, физических, и химических свойств металлов и сплавов в процессе вылеживания, протекающее при выдержке и эксплуатации после или при холодной пластической деформации.

Старение обусловлено термодинамической неравновесностью исходного состояния и постепенным приближением структуры к равновесному состоянию в условиях достаточной диффузионной подвижности атомов.

Старение оказывает существенное влияние на эксплуатационные свойства сталей:

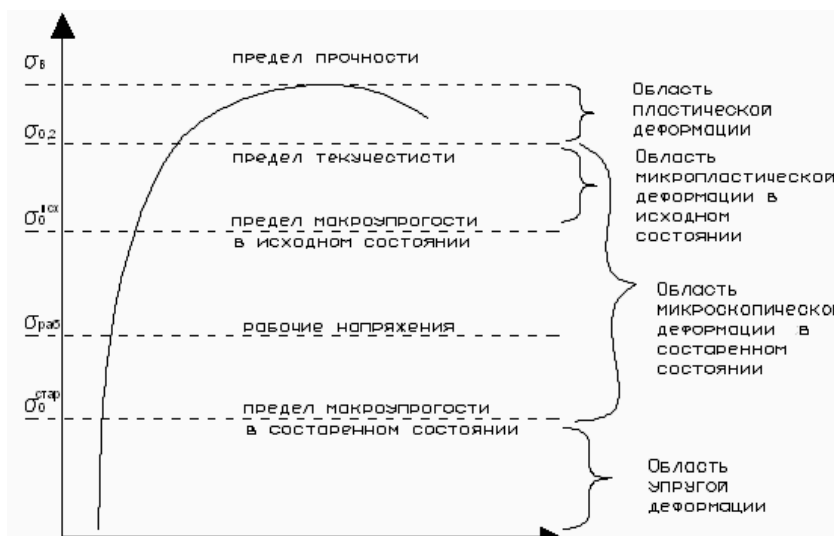
- приводит к снижению трещиностойкости;
- приводит к снижению коррозионной стойкости и способствует развитию коррозионного растрескивания под напряжением;
- старение слабо влияет на предел текучести, но существенно меняет предел макроупругости и, следовательно, изменяет условия обеспечения длительной прочности материала.

На рис. 1 показано расширение области микропластической деформации в состаренной стали. В этих условиях при рабочих напряжениях конструкция выходит из области упругой деформации и работает в условиях микропластической деформации. В результате условие длительной прочности **Ошибка! Закладка не определена.** для состаренного металла не выполняется.

В данной работе рассматривается возможность применения редкоземельных элементов (иттрия и церия) для повышения характеристик (пластичность, ударная вязкость и др.) состаренного металла сварных швов труб магистральных трубопроводов, имеющих длительный срок эксплуатации. Разрабатываемая методика внедрения РЗЭ в структуру металла сварочного шва может включать использование сварочной пасты, внедрения через покрытие электродов или сердцевину порошковой проволоки. Выбирается оптимальный состав вводимого присадка и оптимальные термические режимы технологического процесса сварки.

Сварка производится на образцах, вырезанных из участков магистральных трубопроводов, метал которых находится в состаренном состоянии. После сварки на образцах прово-

дятся механические испытания и структурные исследования. Методом релаксационных испытаний определяется предел макроупругости и физический предел текучести. Сравниваются значения предела макроупругости в металле сварных соединений, сваренных без применения присадка с РЗЭ и легированных РЗЭ.



**Рис. 1. Влияние старения на прочностные свойства стали**

На итоговом этапе работы показывается влияние легирования металла сварного шва РЗЭ на повышения значения предела макроупругости  $\sigma_0^{\text{стар}}$  и, как следствие, на повышение долговечности сварных швов.

УДК 623.19.47

Г.А. ДРУЖИНИН

## О ДВУХПОЗИЦИОННОМ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Выросшие требования к нагрузочной способности и комфортности машин обусловили переход ряда отраслей машиностроения на производство *зубчатых передач с улучшенными свойствами*, для которых применяют сложные исходные производящие контуры (ИПК) и, как следствие, специальные червячные фрезы. Появились ИПК с протуберанцами для образования выкружки в основании зубьев (под выход шлифовального круга), стал переменным угол профиля, а в производстве авиационных зубчатых колес получил признание несимметричный исходный контур.

Однако процесс внедрения передач с улучшенными свойствами в отраслях общего и бытового машиностроения сдерживается относительно высокой ценой нестандартных червячных фрез. В работе исследуется способ двухпозиционного зубофрезерования зубчатых колес для передач с улучшенными свойствами, в котором используется универсальный ИПК с постоянными параметрами.

Обкат производят в двух позициях ИПК и заготовки. Обкатом в первой позиции образуют боковые профили одной стороны зубьев. Необходимые параметры передачи и толщину зубьев обеспечивают относительным тангенциальным или угловым смещением ИПК и заготовки во второй позиции обката. Обкатом заготовки во второй позиции образуют боковые профили противоположной стороны зубьев. Двухпозиционный обкат можно рассматривать

как применение ИПК с переменной шириной выступа. Параметры ИПК показаны на рис. 1 и рис. 2 для  $m = 1$ .

Способ повышает технологичность обработки зубчатых колес с улучшенными свойствами за счет применения универсальных, а в перспективе – стандартных червячных фрез. Длительность обработки не возрастает, так как позиции обката соответствуют этапам зубофрезерования, а именно последовательному выполнению черновой, получистовой и чистовой обработки.

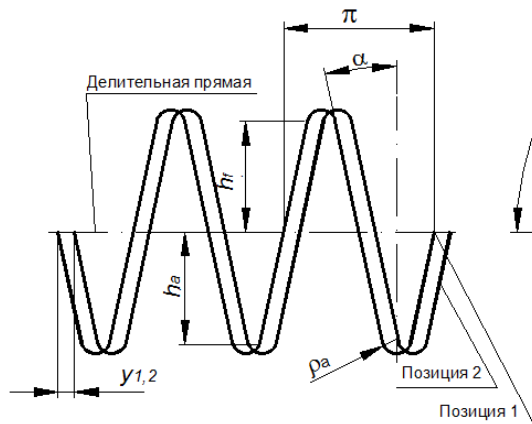


Рис. 1. ИПК эвольвентной передачи

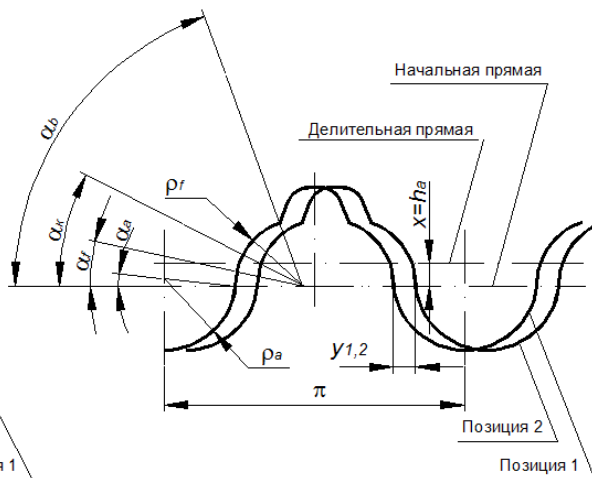


Рис. 2. ИПК передачи М.Л. Новикова

УДК 621.3

И.Ю. ФЕДОТОВ, А. А. ВАШУРИН, С.Г. СИНИЧКИН

### К ЗАДАЧЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПУЛЬТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В задачах управления сложными и ответственными объектами большое внимание уделяется обеспечению безопасного ведения технологического процесса. При этом, как правило, реализуется автоматизированное управление с участием оператора. Взаимодействие оператора с общей системой управления оборудованием осуществляется посредством автоматизированного рабочего места АРМ, содержащего большое количество различных командных элементов КЭ (кнопки, переключатели). От надежной работы КЭ и их линий связи ЛС с управляющими и исполнительными устройствами зависит возможность оператора вмешаться в ход технологического процесса и не допустить, тем самым, его аварийного исхода. В этой связи является исключительно важным оснащение АРМ управления указанными объектами средствами автоматического диагностирования технического состояния КЭ и линий связи. При этом допускается как тестовое, так и функциональное диагностирование, а в ряде случаев и их взаимодействие. В любом случае процедура автоматического диагностирования не должна мешать оператору осуществлять управление технологическим процессом. Другими словами, любые процедуры, связанные с задачей диагностирования, не должны восприниматься управляющими и исполнительными устройствами. Возникает задача разделения сигналов управления и диагностических, которые должны проходить по одним и тем же линиям связи.

С учетом указанных особенностей в инженерном центре ИПТМ разработан метод построения встроенной системы диагностирования КЭ и ЛС АРМ, который отличается тем, что параллельно контактам КЭ подключают выходные транзисторы оптронов, входные цепи которых (светодиоды) объединены в матрицу с целью их поочередного включения под управлением микроконтроллера МК. К контролируемым проводникам линии связи от КЭ подключаются светодиоды оптронов обратной связи ООС, выходные транзисторы которых

объединяются в матрицу, опрашиваемую МК. Проверка проводника сводится к подаче сигнала от МК на входной оптрон для замыкания цепи КЭ и получения ответного сигнала от ООС, подключенного к проводнику данного КЭ. При этом к проводнику могут быть подключены несколько ООС, для контроля наиболее опасных по обрыву участков проводника (например, клеммные колодки). Для исключения влияния устройства диагностирования на передачу основных команд управления от КЭ, последовательно в цепь выходных транзисторов оптронов, подключаемых параллельно КЭ, включены резисторы для значительного ослабления проверочного тока, по сравнению с рабочим при замыкании контакта КЭ при его нажатии оператором.

С целью проверки предложенного метода разработан макет диагностической системы ДС, выполненный с использованием микроконтроллера ATmega16, представляющего собой однокристалльную микро-ЭВМ фирмы Atmel семейства Mega. Программа заносится во Flash память микроконтроллера. Результаты проверки проводников линии связи выводятся в текстовой форме на малогабаритный жидкокристаллический индикатор. Макетирование ДС подтвердило работоспособность предложенного метода и возможность при относительно небольших габаритах ДС эффективно контролировать большое количество КЭ и их линий связи.

## СЕКЦИЯ 4

# НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА И ТРАНСПОРТНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

## Подсекция 4.1

### Конструирование наземных транспортных средств

УДК 629.113

А.В. ГЕРАСИЦ, А.В. ТУМАСОВ, С.А. БАГИЧЕВ, Л.Н. ОРЛОВ

#### РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАБИНЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ В УСЛОВИЯХ СТОЛКНОВЕНИЯ С ПРЕПЯТСТВИЕМ

Нижегородский государственный технический институт им. Р.Е. Алексева

В настоящее время уделяется большое внимание прочности и пассивной безопасности кабин грузовых автомобилей, которые должны отвечать требованиям ГОСТ Р 41.29-99 (Правила ЕЭК ООН № 29). Поэтому уже на этапе проектирования конструктор должен выбирать безопасную силовую схему кабины, основываясь на результатах расчетов и используя компьютерное моделирование.

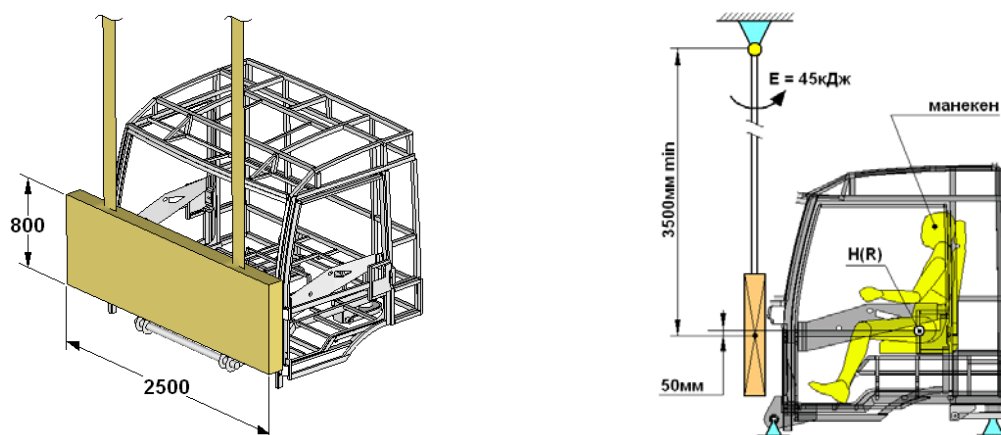


Рис. 1. Схема нагружения и закрепления модели

В данной работе рассмотрены результаты расчетной оценки безопасности кабины при лобовом ударе маятником, имитирующем испытания типа А на (рис. 1). Конечно-элементная модель кабины и ее расчеты были выполнены при помощи программного комплекса MSC MD FEA University Bundle. Разработанная модель включает в себя 4595 оболочных элементов и 1470 стержневых балочных элементов. Схема нагружения модели показана на рис. 1. При этом энергия удара должна составлять 45 кДж для грузовых автомобилей, полная масса которых превышает 7000 кг.

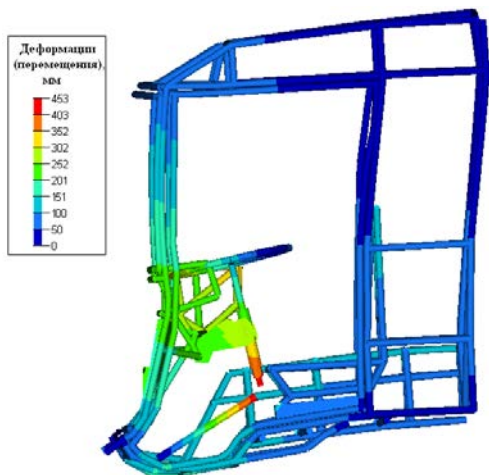


Рис. 2. Деформированный вид кабины грузового автомобиля

Одним из важных критериев оценки пассивной безопасности является сохранение остаточного жизненного пространства внутри кабины. При этом рулевая колонка не должна внедряться в зону манекена. На рис. 2 приведен деформированный вид модели кабины с рулевым колесом и разрезным валом. Установлено, что рулевое колесо не внедряется в зону водителя. Разработанная модель в дальнейшем будет использоваться при решении задачи с учетом кинематики перемещения манекена на ремнях безопасности. Поэтому важное практическое значение в подобных расчетах имеет также компьютерное моделирование манекенов для более точного определения возможных нагрузок, действующих на водителя и пассажиров, и их контактов с элементами кабины.

УДК 629.113 (0.31):621.85.001.2

В.А. КНЯЗЕВ, К.Я. ЛЕЛИОВСКИЙ

## РАСЧЁТ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ОТ НЕРОВНОСТЕЙ ДОРОЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При расчетах нагруженности трансмиссий от воздействия неровностей поверхности (микронеровностей) принимаются следующие допущения: профиль дороги симметричен относительно продольной вертикальной плоскости, проходящей через ось симметрии автомобиля; контакт колеса с дорогой является точечным, а влияние длины неровностей на возмущающую силу учитывается корректировкой микропрофиля; математическое ожидание скорости движения автомобиля постоянно и равно средней скорости движения; эквивалентная динамическая система может быть представлена линейаризованной расчетной схемой; наезд переднего неведущего моста на неровность не вызывает значительных колебаний в трансмиссии.

Расчетная динамическая система применительно к автомобилю 4X2 показана на рис. 1. В этой схеме направляющее устройство подвески обеспечивает относительное смещение моста и рамы при их вертикальных перемещениях по закону:

$$x_1 - x = \eta(\xi - z),$$

где  $\eta$  – коэффициент кинематической связи вертикальных и продольных перемещений моста и рамы автомобиля ( $-0,1 \leq \eta \leq 0,1$ ). В перемещении в продольном направлении по координате  $x$  принимает участие подрессоренная масса автомобиля  $m$  и масса переднего мост, а в вертикальном направлении по координате  $z$  только масса, приходящаяся на ведущий мост  $m_2$ ,

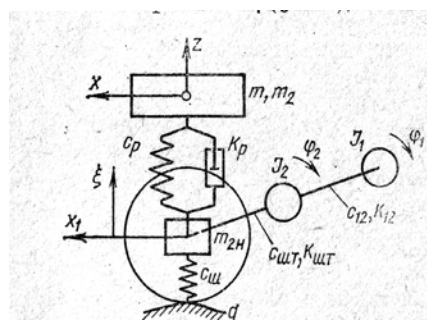


Рис. 1. Расчетная динамическая система автомобиля 4X2 для определения нагрузок в трансмиссии от воздействия неровностей микропрофиля дороги

$$m = m_a - m_{2H} + \sum \frac{J_{K1}}{r_{KO}}; m_2 = \frac{m_a}{L},$$

где  $a$  - расстояние от переднего моста до центра тяжести;  $L$  - база автомобиля;  $\sum J_{k1}$  - суммарный момент инерции колёс переднего моста. Параметры системы, представленной на рис. 1:  $J_1$  - приведённый момент инерции вращающихся масс двигателя, сцепления, коробки передач, части карданной передачи;  $J_2$  - приведённый момент инерции масс части карданной передачи, вращающихся деталей ведущего моста, колёсных узлов и колёс;  $m_{2H}$  - неподдресоренная масса ведущего моста;  $C_{12}$  - приведённая жесткость трансмиссии;  $C_{шт}$  - приведённая тангенциальная жесткость шин ведущего моста;  $C_P, k_P$  - приведённая жесткость и коэффициент демпфирования подвески ведущего моста;  $C_{ш}$  - радиальная жесткость шин ведущего моста.

Движение масс системы описывается в обобщенных координатах:  $x, z, \xi, \Phi_1, \Phi_{12} = \Phi_1 - \Phi_2$ , где  $\Phi_1, \Phi_2$  - углы поворота масс с моментами  $J_1$  и  $J_2$ .

Уравнения движения системы можно описать следующим образом:

$$\begin{cases} \ddot{\Phi}_{12} = \frac{r_{K0} T_0}{J_2} - \left( \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \right) M_{12} \\ \ddot{\xi} = -b_1 P_p + b_2 R \\ \ddot{x} = c_1 R - c_2 P_p - b_2 T_0 \\ \ddot{z} = a_1 P_p \\ \ddot{\Phi}_1 = \frac{M_{12}}{J_1} \end{cases}$$

Уравнения реакций связей запишутся следующим образом:

$$P_p = c_p (\xi - z) + k_p (\dot{\xi} - \dot{z}); R = c_{шт} (q - \xi); T_0 = T + \bar{R} \dot{q}_s + Rf; \bar{R} = (m_2 + m_{2H})g;$$

$$T = \frac{C_{шт}}{r_{K0}} \left( \frac{x}{r_{K0}} - \Phi_{12} - \Phi_1 \right) + \frac{k_{шт}}{r_{K0}} \left( \dot{x} - \dot{\Phi}_{12} - \dot{\Phi}_1 \right); M_{12} = C_{12} \Phi_{12} + K_{12} \dot{\Phi}_{12}.$$

Коэффициенты в уравнениях реакций связи запишутся:

$$a_1 = \frac{(m + m_{2H})}{A}; b_1 = \frac{m_2(m + m_{2H})}{m_{2H} A}; b_2 = \frac{m_2(\eta_m^2 + m_{2H})}{m_{2H} A}; b_3 = \frac{\eta m_2 m}{m_{2H} A};$$

$$b_4 = \frac{\eta m(m_2 + m_{2H})}{m_{2H} A}; A = 2\eta^2 m m_2 + m_{2H} m + m m_2.$$

При заданной спектральной плотности микропрофиля автомобильной дороги  $S_{qv}$  спектральная плотность нагружающего момента в трансмиссии вычисляется как:

$$S_M = S_B(v) |W_{12}(iv)|^2 \frac{C_{12}^2}{(i_T)^2},$$

где  $S_B$  - спектральная плотность возмущающего воздействия микропрофиля при заданной скорости движения;  $W_{12}(iv)$  - комплексная частотная характеристика системы;  $C_{12}$  - приведённая к колесу жесткость трансмиссии;  $i_T$  - передаточное число на участке от звена трансмиссии до колеса;  $v$  - частота возмущения.

Расчёты проводятся в программной среде MathCAD для каждого значения частоты возмущения, уровня спектральной плотности микропрофиля и спектральной плотности момента, нагружающего трансмиссию. Для окончательного определения нагрузочного режима в трансмиссии необходимо определить в рассматриваемом диапазоне частот дисперсии колебаний момента и его первой и второй производных.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ КОЛЁСНЫХ МАШИН

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Обоснование исследования.* Колесные машины широкого спектра оперативно-функционального назначения требуют обеспечения высокого уровня качества функционирования и надежности. Резервом повышения надежности являются тщательные доводочные испытания, направленные на совершенствование конструкции, а также переход от планово-предупредительного обслуживания и ремонта к обслуживанию и ремонту по действительному техническому состоянию. Все эти обстоятельства требуют широкого применения средств и методов контроля и диагностирования. В связи с этим возникает необходимость выявления таких характеристик изделия, которые позволили бы с минимальными затратами максимально достоверно определить его техническое состояние. Специфические условия работы исследуемых агрегатов потребуют уточнения и целого ряда подходов и методов проектирования, испытаний и доводки, особенно в области обеспечения оптимальных виброакустических характеристик трансмиссии в целом. В связи с этим рационально применение концепции проектирования агрегатов трансмиссии (коробок передач) с заданными виброакустическими параметрами их работы.

*Методика.* Необходимо выделить две стороны рассматриваемой методики: расчётно-аналитическую и экспериментальную. Расчётная часть состоит в составлении динамической имитационной модели коробки передач и определении спектральных характеристик колебаний её деталей при моделировании процесса работы. Численные расчеты спектральных характеристик вибрационных процессов, сопровождающих работу исправных агрегатов и агрегатов с различными стадиями развития наиболее существенных дефектов, производились на ПК в среде MathCAD 6.0. Для этих целей геометрические, инерционные и упруго-жесткостные характеристики функциональных элементов подставлялись в систему (1). Далее посредством метода Эйлера производился численный расчет. После этого для систем гармонических функций (2), являющихся решениями системы (1), проводились вычисления спектрально-частотных характеристик вибороакустических сигналов. При этом моделировались такие дефекты как: абразивное изнашивание зубьев шестерен и тел качения подшипников, неравномерное распределение нагрузки по телам качения в подшипниках, погрешности сборки, монтажа и изготовления, нарушение параллельности валов и коэффициентов осевого и торцевого перекрытия, выкрашивание зубьев, их трещины, сколы и поломки, нарушения смазки в пятне контакта, заклинивание.

$$\begin{cases}
 m_1 \ddot{y}_1 - (C_{1Y} y_1 - C_z(t) y_z) - (K_{1Y} \dot{y}_1 + K_z(\omega) \dot{y}_z) = \pm F_Y \\
 m_2 \ddot{y}_2 - (C_{2Y} y_2 + C_z(t) y_z) - (K_{2Y} \dot{y}_2 - K_z(\omega) \dot{y}_z) = \pm F_Y \\
 m_1 \ddot{x}_1 - (C_{1X} x_1 - C_z(t) x_z) - (K_{1X} \dot{x}_1 - K_z(\omega) \dot{x}_z) = \pm F_X \\
 m_2 \ddot{x}_2 - (C_{2X} x_2 + C_z(t) x_z) - (K_{2X} \dot{x}_2 + K_z(\omega) \dot{x}_z) = \pm F_X \\
 m_1 \ddot{z}_1 - (C_{1Z} z_1 - C_z(t) z_z) - (K_{1Z} \dot{z}_1 - K_z(\omega) \dot{z}_z) = \pm F_R \\
 m_2 \ddot{z}_2 - (C_{2Z} z_2 - C_z(t) z_z) - (K_{1Z} \dot{z}_1 - K_z(\omega) \dot{z}_z) = \pm F_R \\
 I_{P1} \ddot{\phi}_1 - C_z(t) r^2 y_z - K_z(\omega) r^2 \dot{y}_z = -M_{X1} + F r_1 \\
 I_2 \ddot{\phi}_2 - C_z(t) r^2 y_z - K_z(\omega) r^2 \dot{y}_z = M_{X2} - F r_2 \\
 I_{P1} \ddot{\psi}_1 - C_z(t) r^2 x_z - K_z(\omega) r^2 \dot{x}_z = -M_{Y1} + F r_1 \\
 I_{P2} \ddot{\psi}_2 - C_z(t) r^2 x_z - K_z(\omega) r^2 \dot{x}_z = M_{Y2} - F r_2 \\
 I_{P1} \ddot{\theta}_1 - C_z(t) r^2 z_z - K_z(\omega) r^2 \dot{z}_z = -M_{Z1} + F r_1 \\
 I_{P2} \ddot{\theta}_2 - C_z(t) r^2 z_z - K_z(\omega) r^2 \dot{z}_z = M_{Z2} - F r_2
 \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x(t) = q_i(t) \sin(2\pi k \omega_0 t - \alpha_x(t)) \\ y(t) = q_i(t) \sin(2\pi k \omega_0 t - \alpha_y(t)) \\ z(t) = q_i(t) \sin(2\pi k \omega_0 t - \alpha_z(t)) \\ \varphi(t) = q_i(t) \sin(2\pi k \omega_0 t - \beta_\varphi(t)) \\ \psi(t) = q_i(t) \sin(2\pi k \omega_0 t - \beta_\psi(t)) \\ \theta(t) = q_i(t) \sin(2\pi k \omega_0 t - \beta_\theta(t)) \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $m_1, m_2$  - массы ведущего и ведомого колес;  $I_1, I_2$  - моменты инерции ведущего и ведомого колес;  $I_{p1}, I_{p2}$  - полярные моменты инерции ведущего и ведомого колес,  $r_1, r_2$  - радиусы начальных окружностей ведущего и ведомого колес.  $x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$  - обобщенные координаты, характеризующие линейные перемещение ведущего и ведомого колес по основным и паразитным степеням свободы;  $\varphi_1, \varphi_2, \psi_1, \psi_2, \theta_1, \theta_2$  - обобщенные угловые перемещения ведущего и ведомого колес по основным и паразитным степеням свободы.  $C_{1x}, C_{1y}, C_{1z}$  - приведенные суммарные жесткости подшипниковых опор вала с закрепленным на нем ведущим колесом и картера коробки передач в вертикальном, поперечном и продольном направлениях;  $C_{2x}, C_{2y}, C_{2z}$  - приведенные суммарные жесткости подшипниковых опор вала с закрепленным на нем ведомым колесом и картера коробки передач в вертикальном, поперечном и продольном направлениях;  $K_{1x}, K_{1y}, K_{1z}$  - приведенные суммарные податливости (вязкости) подшипниковых опор вала с закрепленным на нем ведущим колесом и картера коробки передач в вертикальном, поперечном и продольном направлениях;  $K_{2x}, K_{2y}, K_{2z}$  - приведенные суммарные податливости подшипниковых опор вала с закрепленным на нем ведомым колесом и картера коробки передач в вертикальном, поперечном и продольном направлениях.  $C_z(t)$  - значение жесткости зубчатого зацепления,  $K_z(\omega)$  - коэффициент неупругого сопротивления в зубчатом зацеплении.  $M_{x1}, M_{y1}, M_{z1}$  - поворачивающие моменты ведущего колеса относительно осей  $X, Y$  и  $Z$ , возникающие от вертикальной, продольной и поперечной составляющей силы, действующей в зацеплении,  $M_{x2}, M_{y2}, M_{z2}$  - поворачивающие моменты ведомого колеса относительно осей  $X, Y$  и  $Z$ , возникающие от вертикальной продольной и поперечной составляющей силы, действующей в зацеплении.  $F(t)$  - возмущающая сила, действующая в зацеплении, причиной возникновения которой является эффективный крутящий момент, подведенный от двигателя к ведущему колесу и нагружающий момент, поведенный к ведомому колесу со стороны дороги.  $\alpha_x(t), \alpha_y(t), \alpha_z(t), \beta_\varphi(t), \beta_\psi(t), \beta_\theta(t)$  - начальные фазы виброакустического процессов;  $\omega_0$  - собственная частота виброакустического процесса;  $q_i(t)$  - амплитуды виброакустических импульсов в вертикальной, поперечной и продольной плоскостях.

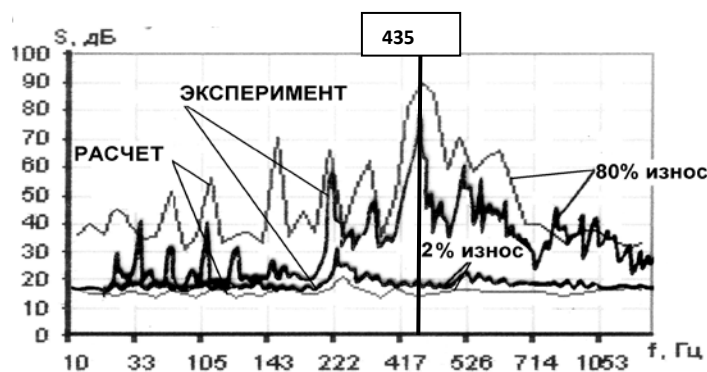
Наличие какого-либо дефекта в различной стадии развития, а также его отсутствие в функциональном элементе коробки передач отражается на величинах амплитуд спектра виброакустического сигнала, проявляющихся на характерных частотах. Расчеты имитационной динамической модели выявили, что их проявления могут быть реализованы за счет подбора значений коэффициентов жесткости и упругости.

Экспериментальная часть методики, составлявшая серию испытаний проводилась по следующей обобщенной методике:

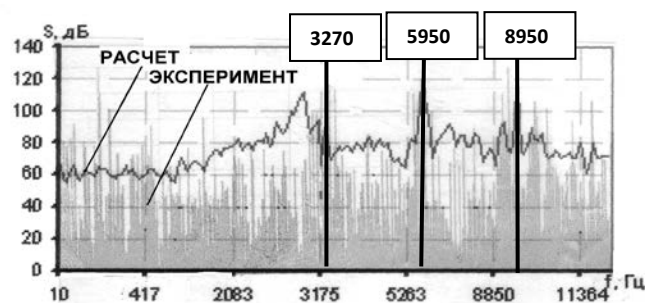
- на испытательный стенд устанавливалась исследуемая коробка передач, техническое состояние всех элементов которой заранее определено;
- к испытываемому агрегату подсоединялся комплекс измерительных средств;

- запускался двигатель внутреннего сгорания, после чего на входной вал испытуемой коробки передач подавался крутящий момент;
- посредством гидродинамического тормозящего устройства производилось увеличение или уменьшение нагрузки;
- производился замер виброакустических характеристик работы при помощи измерительного комплекса. При этом производился спектральный анализ поступивших сигналов;
- производится изменение подаваемого крутящего момента;
- посредством изменения гидравлического сопротивления внутри тормозящего устройства производилось изменение нагрузки испытуемого агрегата;
- в памяти ЭВМ после этого сохранялись спектрограммы виброакустических характеристик работы испытуемой коробки передач на всех передачах в рабочем диапазоне по крутящему моменту и в интервале заданных нагрузок.

Крутящий момент двигателя при проведении эксперимента изменялся в диапазоне от 185 до 200 Н м с шагом 5 Н м. Момент сопротивления обеспечивался посредством гидродинамического тормоза в пределах от 50 до 200 Н м, с шагом 50 Н м. Регистрируемыми параметрами являлись вертикальные и продольные колебания их корпусов. В комплект измерительного оборудования входили: индуктивный датчик оборотов, пьезоэлектрические датчики виброускорений ПАМТ-440 и ПАМТ-450, сборщик – частотный анализатор сигнала СМ-3001 фирмы «Инкотес» с встроенной АЦП платой на 8 каналов с частотой опроса 20 кГц, персональная переносная ЭВМ с процессором Intel Pentium 100. Пьезоэлектрические акселерометры крепились посредством цианакрилового клея «Циакрин-ПЭ» на корпуса исследуемых коробок передач в районе подшипниковых узлов. Взаимное расположение датчиков - под углом  $90^{\circ}$  друг к другу. Это необходимо для регистрации механических колебаний в двух плоскостях. Объектом испытаний была выбрана 5-ти ступенчатая коробка передач, устанавливаемая на автомобили семейства «ГАЗель» и «Соболь» в количестве 3 штук. Экспериментальному исследованию подлежали спектральные характеристики виброакустических сигналов проявления дефектов подшипников, а также зубчатых колес. В первую очередь испытанию по приведенной методике при всех значениях крутящего и нагружающего моментов, нормативном уровне масла, подлежала коробка передач №1, новая, прошедшая обкатку. Спектральные характеристики ее виброакустических сигналов впоследствии были приняты в качестве эталонных. После этого на стенд последовательно были установлены коробки № 2, № 3. На рис. 1 и рис. 2 приведены примеры некоторых графиков огибающих амплитудных спектральных кривых, отражающие виброакустические характеристики исследуемых дефектов, полученных в ходе экспериментов.



**Рис. 1. Спектральная характеристика виброакустического сигнала второй ступени коробки передач «ГАЗель», полученная в ходе эксперимента при: менее 2% износа боковых поверхностей зубьев от предельно допустимого; 80% износа боковых поверхностей зубьев от предельно допустимого**



**Рис. 2. График виброакустического спектра на корпусе коробки передач «ГАЗель» для третьей передачи, полученный в ходе эксперимента при установке шестерни с одним сломанным зубом**

*Результаты и выводы.* В результате проведенных экспериментов были выявлены амплитудные и частотные признаки наличия и развития дефектов шестерен и подшипников 5-ти ступенчатых коробок передач, устанавливаемых на «ГАЗель» и «Соболь». Теоретические исследования нашли свое подтверждение в ходе экспериментов. Найденные диапазоны частот и значения амплитуд можно принять в качестве оценочных параметров проявления дефектов коробок передач, а методику проведения испытаний – в качестве пригодной для оценки их виброакустической нагруженности.

УДК 629.113

Ю.М. ТУЛЯКОВ, С.М. ОГОРОДНОВ, С.Г. СИНИЧКИН

## **ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОСТРИКЦИОННОГО ЭЛЕМЕНТА ПРИВОДА ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Тормозной привод транспортных средств (ТС) обеспечивает передачу силового и управляющего сигнала, обеспечивающих срабатывание тормозных механизмов. Конструктивно тормозные приводы выполняются в виде механических, гидравлических, пневматических, электрических и комбинированных устройств, имеющих свои особенности, достоинства и недостатки. Комбинированные электрогидравлические и электропневматические приводы существенно не изменяют структурную схему привода, но позволяют разместить приборы и оборудование тормозного привода вблизи тормозного механизма.

Магнитострикционный эффект заключается в изменении линейных размеров или закручивании образца из магнитострикционного материала при его намагничивании. При намагничивании возникает магнитное взаимодействие электронов, в результате приводящее к изменению межатомного расстояния и деформации кристаллической решетки. Намагничивание образца возможно за счет его размещения в магнитном поле, создаваемом током, протекающим по обмотке индукционной катушки. Привод тормозных механизмов с магнитострикционным элементом (МСЭ) позволяет существенно упростить структурную схему привода, уменьшить время срабатывания тормозной системы, обеспечивает автоматизацию процесса управления торможением.

Основной задачей проектирования магнитострикционного привода тормозных механизмов является оценка габаритных размеров МСЭ и требуемая для создания необходимых сил и деформаций электрическая мощность. Расчет параметров привода с МСЭ должен учитывать тип магнитострикционного материала (МСМ), величину магнитострикции в режиме насыщения, диапазон изменения температуры и выполняется в следующей последовательности.

1. Выбирается тип МСМ и определяется величина линейной магнитострикции  $\lambda_{S\tau}$  в диапазоне эксплуатационных температур ТС ( $t_{\min}$ ,  $t_{\max}$ ).

$$\lambda_{S\tau} = \lambda_{S0} \left(1 - \frac{\tau}{\theta}\right),$$

$\tau$  – температура МСМ;  $\lambda_{S\tau}$  – величина линейной магнитострикции при температуре  $\tau$ ;  $\lambda_{S0}$  – величина линейной магнитострикции при температуре  $0^\circ\text{K}$ ;  $\theta$  – температура фазового перехода II рода (точка Кюри).

2. Определяются начальная длина стержня  $l_S$ , площадь поперечного сечения  $S$  и диаметр стержня  $d$  (для круглого сечения) в соответствии с выражениями.

$$l_S = \frac{\Delta l_S}{\lambda_{S\tau}}; \quad S = l_S \cdot \frac{F}{\varepsilon} \left(C_\sigma - \frac{1}{E}\right); \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}.$$

где  $\Delta l_S = \varepsilon$  – максимальное значение изменения длины (деформация) стержня, заданная по условиям работы привода;  $F$  – сила, создаваемая при деформации стержня на величину  $\varepsilon$ ;  $E$  – модуль упругости (Юнга);  $C_\sigma$  – коэффициент, зависящий от напряженности магнитного поля.

3. Для построения механической характеристики МСЭ определяются величины линейной магнитострикции  $\lambda_{S\tau}$  в диапазоне от нуля до соответствующего максимальному значению  $\varepsilon$  при температуре  $\tau$  и силе  $F = \text{var}$ .

$$\lambda_{S\tau} = \left(C_\sigma - \frac{1}{E}\right)$$

По результатам расчетов строится механическая характеристика МСЭ - зависимость деформации  $\varepsilon$  от внешней нагрузки  $F$  при заданной величине напряженности магнитного поля  $H$ , рис. 1. В отсутствии внешних сил на отрезке "а-с", деформация  $\varepsilon$  МСЭ достигнет точки "с" при напряженности  $H_2$ . Если в точке "с" к магнитострикционному элементу приложена некоторая сила  $F$ , то деформация  $\varepsilon$  МСЭ изменяется в соответствии с напряженностью магнитного поля  $H_2$ .

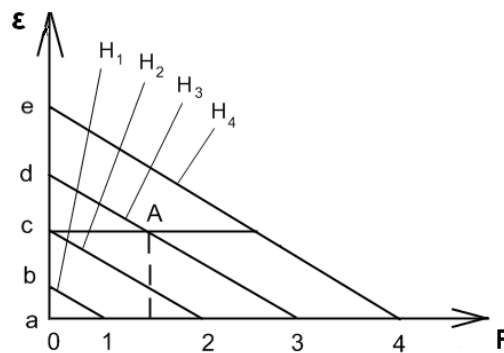


Рис. 1. Механическая характеристика МСЭ,  $H_4 > H_3 > H_2 > H_1$

4. Магнитная энергия деформации  $W_H$  эквивалентна механической упругой деформации  $W_\varepsilon$  МСЭ

$$W_H = W_\varepsilon, \quad \frac{\mu \cdot H^2}{2} = \frac{E \cdot \varepsilon^2}{2}$$

где  $\mu$  – магнитная проницаемость материала;  $H$  – напряженность магнитного поля.

5. Необходимая электрическая мощность определяется в соответствии с формулой

$$P = U \cdot I.$$

6. Сила тока, необходимая для создания заданной напряженности определяется по формуле

$$I = \frac{H \cdot l}{N},$$

где  $I$  - сила тока,  $N$  - число витков в катушки индуктивности,  $l$  - длина катушки.

## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КУЗОВА ВАХТОВОГО АВТОБУСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии с существующим ГОСТ Р 41.66-99 (Правилами ЕЭК ООН №66) вахтовый автобус вместимостью более 22 пассажиров должен обеспечивать их пассивную безопасность в условиях бокового опрокидывания с уступа высотой 0,8м. Существующими нормативными документами предусмотрено проводить оценку безопасности кузова по результатам расчетов и компьютерного моделирования условий аварийного нагружения. При этом расчетная модель, ее закрепление или опрокидывание, аварийная нагрузка должны соответствовать условиям проведения регламентируемого испытания.

На кафедре «Автомобили и тракторы» НГТУ им. Р.Е. Алексеева методика выполнения расчетного анализа работоспособности кузовов автобусов в условиях опрокидывания позволяет оценивать их пассивную безопасность на стадиях проектирования, доводки и сертификации.

В данной работе компьютерное моделирование и оценка пассивной безопасности выполнена на примере кузова вахтового автобуса. Особенностью его конструкции является то, что он выполнен из сэндвич-панелей, включающих наружные листы из дюралюминия, внутренние – из фанеры, между которыми клеен жесткий пенопласт. Соединение панелей боковин, передка, задка и крыши осуществлено с помощью стальных уголков, заклепок и шурупов. Все эти особенности учтены в подробной геометрической (рис. 1) и соответствующей конечно-элементной моделях кузова, которые использовались при оценке пассивной безопасности кузова по результатам компьютерного моделирования условий, имитирующих нагрузку, возникающую при опрокидывании автобуса.

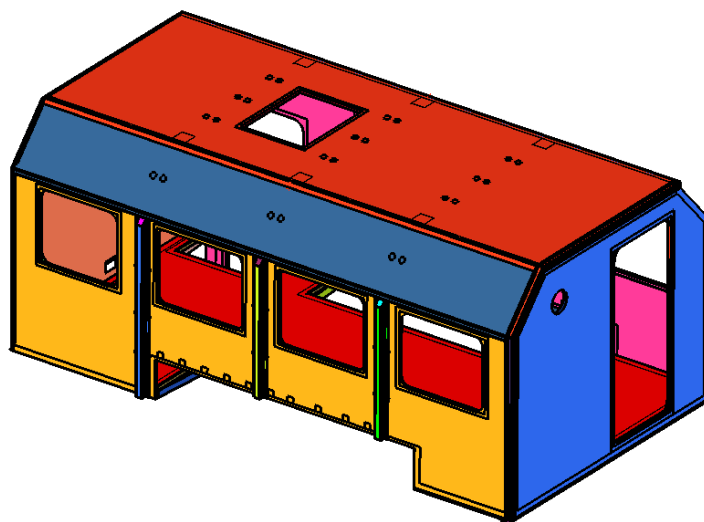


Рис. 1. Геометрическая модель кузова вахтового автобуса

С целью обоснования правомерности разработанной модели и полученных результатов, определения характеристик материалов, были проведены испытания образцов силовых элементов и угловых секций кузова.

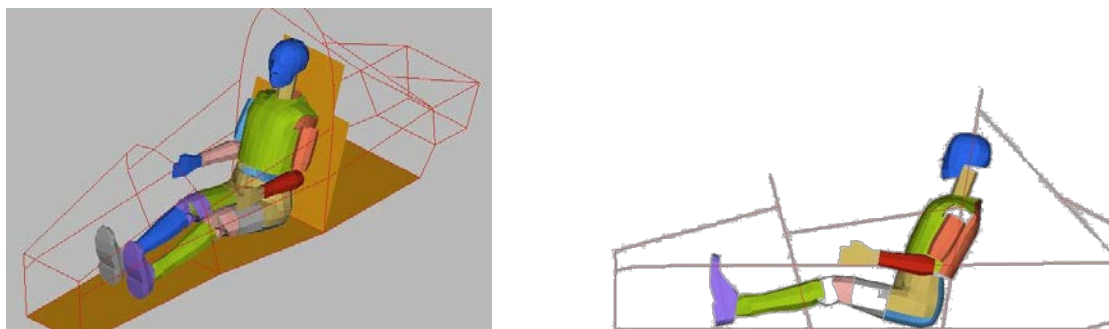
Результаты работы внедрены в НП «ИНСАТ» и ООО «Автофургон».

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ МАНЕКЕНА ВНУТРИ САЛОНА АВТОМОБИЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В соответствии с требованиями нормативных документов оценка пассивной безопасности кузовных конструкций автотранспортных средств проводится по результатам натуральных испытаний, условия которых воспроизводят определенный вид дорожно-транспортных происшествий (ДТП): фронтальное и боковое столкновения, опрокидывание, наезд сзади. При этом оцениваются не только максимальные деформации кузовной конструкции и характер ее деформирования, но также перегрузки, действующие на манекены, которые, в свою очередь, позволяют оценить тяжесть последствий ДТП для водителя и пассажиров.

На стадиях проектирования и доводки кузовных конструкций очень часто используют расчетные методы оценки пассивной безопасности с использованием современных программных комплексов, моделирующих условия аварийных ситуаций. В этой связи возникает необходимость в разработке расчетных моделей не только кузовных конструкций, но и моделей манекенов, а также элементов, обеспечивающих пассивную безопасность водителя и пассажиров: сиденья, ремни и подушки безопасности и др.



**Рис. 1. Схема расположения манекена  
в кузове гоночного болида**

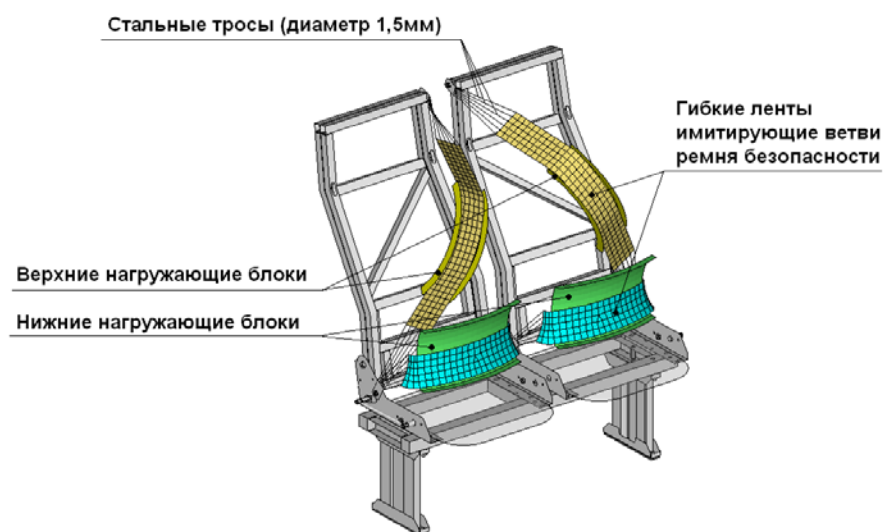
В данной работе исследуется поведение модели манекена *LSTC Hybrid III 50% deformable dummy* (деформируемая модель манекена 50% репрезентативности), включенной в качестве дополнительного блока в программный пакет *LS-DYNA*. На основе результатов расчетно-экспериментальных исследований зарубежных специалистов проводится обоснование правомерности использования таких моделей при проведении оценки пассивной безопасности конструкций методами имитационного моделирования. Выполняется расчетный анализ поведения манекена в условиях фронтального нагружения несущей конструкции гоночного болида (рис. 1), имитирующего лобовое столкновение с препятствием.

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КАРКАСА ПАССАЖИРСКОГО СИДЕНЬЯ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

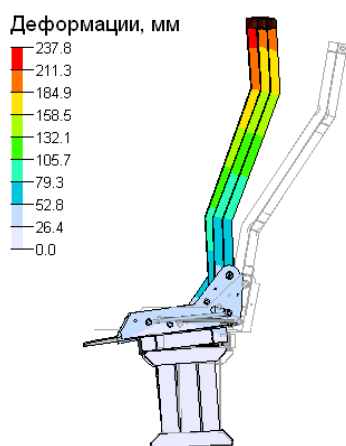
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последнее время особое внимание уделяется пассивной безопасности и прочности элементов конструкции сидений. При сертификации проверка соответствия конструкции сиденья требованиям действующих нормативных документов осуществляется эксперименталь-

ным методом, предусматривающим испытания натуральных образцов сиденья. Тем не менее, на практике, на стадии проектировочных и доводочных работ широко используются также методы расчетного (компьютерного) моделирования условий испытаний, имитирующих возможные аварийные ситуации.



**Рис. 1. Схема нагружения сиденья в соответствии с требованиями ГОСТ Р 41.14-2003 (Правил ЕЭК ООН №14)**



**Рис. 2. Деформированный вид каркаса сиденья**

В работе выполнена расчетная оценка прочности каркаса сиденья в условиях нагружения, регламентированных ГОСТ Р 41.14-2003 (Правилами ЕЭК ООН №14). На рис. 1 показана схема нагружения сиденья, которое реализуется с помощью специальных жестких блоков, воздействующих на ремни безопасности.

Результаты расчета показали, что каркас сиденья выдерживает регламентированную нагрузку, при этом максимальные деформации элементов сиденья находятся в допустимых пределах и не превышают критических значений (рис. 2).

По результатам расчетов были сформулированы практические рекомендации, направленные на совершенствование конструкции каркаса сиденья и повышения его уровня прочности.

УДК 629.113

А.Н. БЛОХИН, А.В. ПЕРЕПЕЛОВ, В.В. БЕЛЯКОВ, В.А. ШАПКИН, А.В. ТУМАСОВ

## **ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ МАШИН ПОВЫШЕННОЙ И ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное экономическое положение России тесно связано с развитием Севера и Северо-Востока, занимающих более 60% ее территории, где сосредоточены основные запасы природных ресурсов, обеспечивающих потребности страны в алмазах – на 100%, нефти, газе и угле – до 90%, меди и стратегического сырья – более 80%, золоте – более 70%.



Однако освоение этих районов связано со значительными трудностями: сложными природно-климатическими условиями, значительной удаленностью осваиваемых районов от промышленных центров, слабо развитой транспортной сетью, недостатком техники, приспособленной к специфике эксплуатации, приводящей к значительным экономическим потерям, а также чрезмерной уязвимостью экологии региона.

Характерной особенностью северных районов является наличие многолетнемерзлых грунтов практически на всей территории. Одним из самых распространенных техногенных воздействий на природу северных районов является нарушение растительного покрова транспортной техникой в летний период, приводящее к протаиванию этих грунтов. Колея от гусеничного транспортера в течение нескольких суток превращается в ручей, который за два-три года становится термокарстово-эрозионным оврагом. За 1 километр маршрута гусеничная машина со средним давлением на опорную поверхность 0,047 МПа выводит из строя 10 км<sup>2</sup> тундры. Естественное восстановление разрушенного почвенно-растительного покрова происходит в течение десятков лет, а иногда эти последствия бывают необратимы.

Около 70% грузовых и пассажирских перевозок в северных районах осуществляется автомобильным транспортом, при этом почти 60% – по грунтовым дорогам и автозимникам. В весенне-осенний период оттаявшие дороги и местность становятся непроходимыми для традиционных автомобилей. В результате 15 млн человек становятся отрезанными от районных и областных центров. В это время широко применяются традиционные колесные и гусеничные транспортные средства (ТС) высокой проходимости, наносящие непоправимый ущерб почвенно-растительному покрову северных районов. Уже к 1990 г. площадь поврежденного покрова российской тундры составляла 16%, погублены ценнейшие олени пастбища, экономический ущерб природе оценивался в 60 млрд руб. в ценах 1990 г.

Актуальность темы определяется необходимостью организации всесезонных транспортных перевозок в районах Севера с учетом сохранения экологии районов эксплуатации. Жесткие экологические требования в России, Канаде, США и ряде других стран запрещают использование транспорта, нарушающего целостность почвенного покрова северных биогеоценозов в летнее время. Не случайно задача по созданию почвонеразрушающих транспортных систем входила в Федеральную инновационную программу «Техника Российского Севера», одобренную Постановлением Совета Министров и Правительства РФ от 13.12.1993 г. №1280 и была включена в Перечень критических технологий, имеющих важное социально-экономическое значение для государства, утвержденный распоряжением Правительства РФ от 25 августа 2008 г. №1243.

Среди известных транспортных средств высокой проходимости колесные машины обладают наибольшей универсальностью и экономической эффективностью. В то же время, они недостаточно приспособлены для передвижения по слабонесущим опорным поверхностям. Поэтому применение ТС, оснащенных специальными пневмоколесными движителями сверхнизкого давления, является эффективным средством повышения проходимости и экологии при осуществлении транспортных операций.

Теория колесных машин высокой проходимости на сегодняшний день разработана достаточно хорошо как зарубежными, так и отечественными исследователями. Однако все исследования проводились в основном с пневмоколесными движителями низкого и высокого давления, имеющими большое число слоев корда и внутреннее давление воздуха 0,1 МПа и более. Вопросы передвижения машин на тонкостенных пневмоколесных движителях с внутренним давлением воздуха 0,02-0,07 МПа освещены недостаточно. Специфические условия работы этих ТС требуют уточнения ряда положений, в том числе в области взаимодействия колесного движителя с опорной поверхностью, определения основных рабочих характеристик движителей и основных направлений разработки ходовых систем ТС данного типа. Особенно это важно для сокращения времени разработки и рационального выбора технико-экономических и конструктивных параметров новых моделей ТС на стадии проектирования. Поэтому проблема научно обоснованного выбора типа ТС является актуальной.

Целью работы является поиск новых эффективных решений для создания движительных систем транспортных средств повышенной и высокой проходимости, которые в соответствии с жесткими требованиями эксплуатации в северных районах страны способны свести к минимуму экологический ущерб от хозяйственной деятельности, разработаны на основе учета процессов взаимодействия движителей (колесных, гусеничных и роторно-винтовых) с природными (ненарушенными) грунтовыми основаниями, включая заснеженную местность, мерзлые и донные грунты, почвенно-растительный покров леса, и искусственные поверхности движения.

Следует отметить, что данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009–2013 гг.

УДК 629.113

А.Н. БЛОХИН, А.А. БОГДАН, Д.В. АФАНАСЬЕВА, А.С. ФАДЕЕВ, А.Е. КРОПП

### **ПРИЧИНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРАНСМИССИЙ АВТОМОБИЛЕЙ С МЕХАТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
ГК «КОМ», научное общество «Ученые юга Израиля»

Появление в мировом авто- и тракторостроении автоматики, особенно компьютерной микропроцессорной автоматики, привело к перестройке отечественной и зарубежной системы проектирования, к переводу ее на мехатронные рельсы, т.е. на методы единого комплексного проектирования всех трех составляющих мехатронного объекта: механических агрегатов, электро-, электрогидравлических или электропневматических устройств управления ими и автоматики управления.

Развитие мехатроники на автомобилях и на производственных машинах имеет свои особенности. На автомобилях мехатроника преимущественно началась в сфере устройств комфорта и силовых агрегатов. Первым из мехатронных агрегатов стал двигатель с системой топливоподачи и автоматикой ее регулирования. Вторым – система силового управления навесным устройством, мировым лидером в производстве которой является фирма Bosch. Третьим – трансмиссия. Тут процесс начался с появления механических трансмиссий с переключением ступеней под нагрузкой. На них появились гидравлические, затем электрогидравлические или электропневматические устройства переключения, а затем и электронная автоматика управления переключениями. Западные фирмы (ZF, Getrag и др.) начали поставлять автомобильным и тракторным заводам и производить на продажу трансмиссии именно в таком исполнении.

Сила и выгода мехатронного исполнения агрегатов особенно ярко видна на примере трансмиссий, которые при наличии и отсутствии автоматики управления при одинаковых других компонентах комплекса являют разительный контраст в характеристиках как их самих, так и оборудованных автомобилей. В мехатронном виде они обеспечивают на порядок более выгодные характеристики практически по всем показателям работы машин: техническим, экономическим и эргономическим.

Сравнивая мехатронные комплексы с их не мехатронными прообразами по техническому совершенству легко увидеть, что первые значительно превосходят последних не только по общим показателям, но и по уровню и качеству проектирования. Это не удивительно: синергический эффект проявляется не только в конечном продукте, но и в процессе проектирования вследствие и нового подхода к проектированию и более высокой по необходимости квалификации проектировщиков.

Сравнение цены этих объектов ещё более разительно. Мехатронные комплексы вследствие применения в автоматике микропроцессорной технологии, дающей весьма деше-

вые устройства автоматики, по цене очень не много дороже прообразов, зато по совокупному показателю цена/качество превосходят их на порядок. Это обстоятельство снимает вопрос об экономической эффективности мехатронных агрегатов, оставляя только вопрос о готовности современной промышленности к организации и выполнению проектирования и изготовления таких технических систем.

Исследования, проведенный за последние десятилетие, показали, что по сравнению с иными типами трансмиссии механические исполнения обладают рядом важных достоинств, основными из которых являются:

1) простота конструкции, благодаря чему достигается высокая надежность и низкая стоимость механической трансмиссии;

2) обеспечение по сравнению с иными типами трансмиссии наилучшей топливной экономичности автомобиля (следовательно, уменьшения выбросов отработавших газов в атмосферу), поскольку механические трансмиссии имеют самый высокий КПД;

3) минимальный объем технического обслуживания и простота ремонта узлов механической трансмиссии.

Поэтому в современных легковых коммерческих автомобилях и грузовых автомобилях различной грузоподъемности, автопоездах и других, преимущественное применение получили механические трансмиссии, содержащие в своем составе механическую ступенчатую коробку передач и фрикционное сцепление. Управление такими трансмиссиями осуществляется непосредственным воздействием водителя на соответствующие приводные механизмы.

Вместе с тем механические трансмиссии с приводами, на которые непосредственно воздействует водитель, не обеспечивают такого же удобства управления автомобилем, как это достигается с помощью трансмиссий, выполненных с полуавтоматическим или полностью автоматическим управлением. По этой причине ряд ведущих автомобилестроительных фирм (Mercedes-Benz, MAN, Volvo, Renault, DAF, Scania и др.) с целью повышения конкурентоспособности выпускаемых ими автомобилей интенсифицировали в последние годы разработки полуавтоматических и автоматизированных трансмиссий на базе механических ступенчатых коробок передач и фрикционных сцеплений. В таких трансмиссиях сохраняются указанные ранее достоинства обычных механических трансмиссий и, вместе с тем, обеспечивается существенное облегчение и упрощение действий водителя. В состав как полуавтоматической, так и автоматизированной механической трансмиссии обязательно должны входить исполнительные сервоустройства, воздействующие на приводы сцепления и коробки передач, а для приведения их в действие автомобиль должен быть оборудован тем или иным источником энергии. При этом желательно, чтобы в качестве источника энергии сервоустройств управления трансмиссией можно было использовать уже имеющиеся в автомобиле источники энергии, применяемые для приведения в действие каких-либо иных его агрегатов.

Это условие достаточно просто реализуется в полуавтоматических и автоматизированных механических трансмиссиях, предназначенных для оборудования грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, а также автопоездов. Объясняется это тем, что в указанных транспортных средствах обычно применяется пневматический привод тормозов, и для обеспечения его функционирования транспортное средство содержит пневматическую энергосистему, имеющую в своем составе воздушный компрессор и ресивер. Данная пневмосистема может быть использована и в качестве энергоисточника для приведения в действие сервомеханизмов управления трансмиссией, силовые элементы которых выполнены в виде пневматических цилиндров с клапанными механизмами, имеющими механический либо гидравлический привод, или привод от электромагнитов.

Для грузовых автомобилей, а также магистральных автопоездов, которыми, как правило, управляют водители-профессионалы, основной проблемой является не упрощение действий водителя, а облегчение условий его работы. Кроме того, для эксплуатации грузовых автомобилей характерна их работа с различной массой, перевозимых грузов, в результате чего существенно изменяется режим работы их двигателя. Вследствие этого систему

управления полностью автоматической трансмиссии оказывается затруднительным настроить на оптимальный режим работы при различных условиях эксплуатации автомобиля. Кроме того, для обеспечения полностью автоматического управления механической трансмиссией система автоматики должна согласованно управлять сразу тремя агрегатами автомобиля, а именно – сцеплением, коробкой передач и устройством топливоподачи двигателя. В результате такая система автоматики оказывается существенно сложнее по сравнению, например, с автоматикой управления гидромеханическими передачами, которая должна управлять только приводными механизмами фрикционов или тормозов механического редуктора.

По этим причинам в грузовых автомобилях средней и большой грузоподъемности и автопоездах получили распространение как полностью автоматическое управление механическими трансмиссиями, так и трансмиссии с полуавтоматическим управлением. В состав тех и других обязательно входят сервомеханизмы привода сцепления и механической коробки передач, а в некоторых системах полуавтоматического управления, кроме того, используются дополнительные информационные устройства, формирующие водителю на специальном табло (блоке индикации) рекомендации по выбору режима работы трансмиссии. При этом водитель имеет возможность самостоятельно принять решение, воспользоваться ли ему полученной рекомендацией или в зависимости от конкретных условий движения выбрать иной режим включения передач.

Такое исполнение системы управления переключением передач, в первую очередь, привлекательно для применения в автотранспортных средствах, оборудованных многоступенчатыми коробками передач. В данных коробках передач, имеющих 12-16 ступеней передаточного отношения, разница в его значениях для соседних ступеней составляет всего лишь 15-20 %. Вследствие этого при полностью автоматическом управлении трансмиссией переход с одной передачи на соседнюю может сопровождаться появлением режима «цикличности», характеризующегося повторными включениями и выключениями соседних передач. Опасность возникновения подобного режима практически отсутствует, если окончательное решение о переходе с одной передачи на другую выбирает сам водитель.

Таким образом, технические решения, на базе которых создаются системы управления механическими трансмиссиями легких коммерческих автомобилей, развозных грузовых автомобилей, грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности и автопоездов, в ряде случаев могут быть существенно различными. Но, несмотря на это, общим для всех современных систем является создание на основе применения микропроцессорных устройств, позволяющих оптимизировать процесс управления трансмиссией с учетом многих факторов, т. е. создавать для них многопараметрические системы оптимального управления.

Данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009–2013 гг.

УДК 629.113

В.В. ШАТИЛОВ, А.В. ШАТИЛОВ

## **ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ – ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО НА МАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
ООО «Объединенный инженерный центр»

Каким должен стать универсальный индивидуальный транспорт будущего?

Простая замена ДВС электродвигателем согласно простому расчету суммарного КПД усугубляет проблемы доступности ИТС и экологии, не решая ни проблему пробок, ни парковок. При этом даже самый дешевый электромобиль получается минимум вдвое дороже свое-

го бензинового аналога, из-за широкого применения редкоземельных металлов. Электромобиль тяжелее благодаря аккумуляторным батареям. Стремление обеспечить конкурентоспособный в сравнении с современным автомобилем пробег между заправками, подзарядками или сменами источника питания, приводит к росту массы и стоимости аккумуляторных батарей. Итог: электромобиль медленнее и пока существенно уступает автомобилям в удобстве эксплуатации, так как зарядка или замена аккумуляторов более трудоемкий процесс, чем привычная всем заправка горючего.

Стремление к улучшению удобства эксплуатации путем сокращения времени, затрачиваемого на зарядку или замену аккумуляторных батарей на километр пробега, приводит к необходимости снижения массы электрического ТС, и как следствие, его габаритов. В результате получается, что основной груз перевозимый электромобилем – его собственная аккумуляторная батарея.

КПД	автомобиль	электромобиль	трамвай
ДВС	0,29	-	-
Паровая машина	-	0,6	0,6
Электродвигатель	-	0,6 - 0,8	0,6 - 0,8
Электросеть	-	0,8	0,8
аккумулятор	-	0,6	-
электромотор	-	0,6 - 0,8	0,6 - 0,8
КПП	0,9	-	-
Трансмиссия	0,92	0,98	0,98
Суммарный КПД	0,24	0,1-0,18	0,17-0,3

Недостатками многих проектов остается очевидная не универсальность такого транспортного средства. Любой индивидуальный транспорт рельсового направления обречен быть ещё и общественным так как на рельсах не возможно ни обогнать, ни уступить дорогу. Далеко не любой рельсовый транспорт способен быть индивидуальным. Кроме того, электромобили, привязанные на магистральных перегонах к энергетической дорожке, полностью сохраняют основные недостатки современного автомобильного транспорта – пробки, парковки и ограничение скорости движения.

Основная идея предлагаемой в этой работе транспортной системы состоит в повышении уровня универсальности транспортных средств путем сочетания нескольких способов движения для различных участков пути.

	<b>Условия движения</b>	<b>Технические требования</b>
1	Городское движение в условиях «старого города»	Минимальная площадь транспортного средства
2	Парковки	
3	Движение в условиях пересеченной местности	Минимальные радиусы продольной и поперечной проходимости
4	Движение по автомагистрали	Минимальные $C_x$ , площадь Миделера сечение и дорожный просвет
5	Движение на подвесе	Тоже и отсутствие дорожного просвета
6		Жесткость несущего рельса, способность противостоять резонансным частотам

Адаптируемость транспортного средства заслуживает отдельного упоминания.

Каким образом обеспечить универсальность ИТС для движения по различным видам дорог?

ИТС должно включать в себя: во-первых, устройство, обеспечивающее динамическое взаимодействие с магистральным рельсом; во-вторых, страховочное устройство, обеспечи-

вающее безопасность ИТС и его пассажирам, например, и отключении электричества; в-третьих, систему аварийного катапультирования на случай острой аксидентологической ситуации; в-четвертых, стандартный значительно облегченный набор электромотоцикла, для преодоления коротких перегонов; в-пятых, бортовой электронный блок управления и взаимодействия с центральным диспетчерским компьютерным центром. Кроме этого ИТС должно выполняться на базе кузова с изменяемой геометрией, для движения в условиях пересеченной местности, высокоскоростной автотрассы, электромагнитной магистрали (ЭММ).



**Рис. 1. Двухрежимное скоростное персональное транспортное средство (PRT-ZEST)**

УДК 629.113

В.С. МАКАРОВ, А.Н. БЛОХИН, Д.В. ЗЕЗЮЛИН, В.В. БЕЛЯКОВ

### **ПРОХОДИМОСТЬ МАШИН С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 4Х4 ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ ПО СНЕЖНОЙ ЦЕЛИНЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Во время эксплуатации колесные машины не всегда передвигаются по специально подготовленным дорогам с высокими тягово-сцепными свойствами. Во многих случаях им приходится работать на бездорожье, которое характеризуется разнообразными дорожно-грунтовыми условиями. Эту способность автомобилей характеризует специальное эксплуатационное свойство - проходимость.

Одним из наиболее тяжелых режимов работы является криволинейное движение машин по снегу. Появление бокового скольжения колес вследствие малого сцепления приводит к увеличению ширины и глубины колеи и, как следствие, к возникновению экскавационно-бульдозерного сопротивления с внешней стороны колеса и росту сопротивления от вертикального смятия снега.

В таких условиях происходит значительный рост сопротивления движению. Поэтому необходим анализ, учитывающий режимы криволинейного движения колесной машины по снегу с целью возможности уменьшения потерь и увеличения запаса силы тяги. Теория движения колесных машин по деформируемым опорным основаниям на сегодняшний день разработана достаточно хорошо как зарубежными, так и отечественными исследователями. Однако в ней вопросы криволинейного движения по снежной целине и оценка режимов движения, требуют уточнения и пересмотра ряда положений, особенно в области геометрии взаимодействия колесного движителя со снегом при возникновении бокового скольжения на зоны подверженные вертикальному и боковому смятию.

Целью данной работы является разработка методики расчета и оценка проходимости машин с колесной формулой 4х4 при криволинейном движении по снежной целине с учетом особенностей формирования колеи и режимов движения на основе экспериментально-теоретических исследований.

В работе впервые рассмотрено взаимодействие колеса, катящегося в режиме бокового скольжения, с деформируемой опорной поверхностью; учтена особенность геометрии разделения зон вертикального и бокового смятия. Разработана математическая модель криволинейного движения колеса по снежной целине с учетом бокового скольжения и особенности геометрии зон вертикального и бокового смятия. Рассмотрены особенности образования колеи и сопротивления при криволинейном движении с учетом расположения колес в движителе машины, режимов работы и особенности геометрии зон вертикального и бокового смятия. Показаны изменения сопротивлений, сцеплений и запаса силы тяги при различных режимах с учетом особенности геометрии зон вертикального и бокового смятия снега при криволинейном движении.

При проведении теоретических исследований использовались методы аналитической механики, численные методы решения систем нелинейных уравнений и разнообразные методы математического моделирования. Экспериментальные исследования проводились с использованием измерительных средств и комплексов визуального контроля. На разных этапах работы в качестве объектов исследования выбирались колесные машины ВАЗ-2121 «Нива», ЗВМ-3966 «Сивер», ГТС-30072 «Кержак».

Данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009–2013 гг.

УДК 629.113

А.И. САМАРИН, А.В. СЕМЕНЮК, В.В. БЕЛЯКОВ

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАГОТОВКИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСК**

Нижегородское высшее военно-инженерное командное училище (военный институт),  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях ведения современных боевых действий преобладают частые изменения в обстановке и способах их ведения, которые оказывают влияние на ход выполнения задач инженерного обеспечения, и, в частности, задач по строительству низководных мостов и фортификационного оборудования позиций и районов расположения войск, которые в условиях нынешней военной доктрины являются одними из основных.

Для выполнения инженерных задач по строительству низководных деревянных мостов и возведение войсковых фортификационных сооружений необходимо в короткие сроки и в больших объемах произвести заготовку лесоматериала. Имеющиеся на вооружении РФ машины и средства инженерного вооружения, предназначенные для заготовки леса и лесоматериалов, на данный момент не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к ним, так как требуют много времени и трудозатрат с привлечением большого количества личного состава, а также привлечения нескольких образцов вооружения и военной техники.

Ведение боевых действий с высокими темпами выполнения задач по эффективному и быстрому изготовлению мостовых конструкций и элементов фортификационных сооружений выдвигает перед инженерными войсками сухопутных войск необходимость применения более современных средств заготовки лесоматериала, позволяющих выполнить объемы поставленных задач и сократить сроки их выполнения.

В соответствии с тактико-техническими требованиями, предъявляемыми к этим средствам, они должны обеспечивать выполнение следующего комплекса мероприятий, проводимых в рамках инженерного обеспечения боя:

- строительство мостов;
- заготовки конструкций под элементы фортификационных сооружений.

По оценкам отечественных и зарубежных специалистов в области разработки лесозаготовительных средств основными путями совершенствования машин данной группы являются:

- модернизация рабочего оборудования с целью расширения области его применения;
- снижение энергоемкости рабочих операций, выполняемых машинами;
- применение гидропривода с повышенным давлением в системах управления.

В настоящее время с целью возможности выполнения одновременно нескольких задач на машинах устанавливается от двух до четырех видов инженерного рабочего оборудования. В ряде случаев это перегружает базовую машину и, чтобы избежать перегрузки, приходится снижать единичную массу каждого оборудования, разрабатывая единую конструкцию крепления нескольких видов оборудования и внедряя быстросъемные рабочие органы. В данное время рабочее оборудование в основном основано на механическом способе работы.

Важное место при разработке лесозаготовительной машины отводится выбору базовой машины, на которую монтируется рабочее оборудование, и выработке рекомендаций по ее модернизации.

Исходя из сказанного, можно сделать вывод о необходимости проектирования современной машины заготовки конструкций, которая сокращенным расчетом личного состава будет способна обеспечивать выполнение следующих операций:

- подтаскивание хлыстов к раскряжевочной площадке;
- вытаскивание отдельных хлыстов из глубины лесосеки;
- трелевку хлыстов к раскряжевочной площадке;
- возможность складирования готовой продукции;
- расчистку путей вывоза конструкций и рабочих площадок;
- выполнение погрузо-разгрузочных работ.

Для решения этих задач требуется проведение комплексного исследования и создания методик расчета конструкционных параметров шасси и рабочего оборудования спецмашин для нужд инженерных войск.

УДК 629.113

Д.В. ЗЕЗЮЛИН, А.Г. ЖЕЛНИНА, А.В. ТУМАСОВ, В.В. БЕЛЯКОВ

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проведенные в разных странах мира исследования показывают, что количество ДТП с участием коммерческого транспорта может быть сокращено за счет использования электронных систем контроля курсовой устойчивости (ЭКУ).

Целью данного исследования является разработка методики расчетного исследования криволинейного движения транспортного средства, оборудованного системой ЭКУ.

Объект исследования – криволинейное движение колесного транспортного средства, оборудованного системой ЭКУ, в критических режимах.

Главная функция системы ЭКУ – обеспечение устойчивости транспортного средства за счет контроля траектории движения и предотвращения опрокидывания. Это наиболее сложная система повышения активной безопасности, задействующая возможности антиблокировочной, антипробуксовочной с контролем тяги, электронной систем управления дроссельной заслонкой и адаптивные системы поворота управляемых колес. Системы ЭКУ могут оказывать корректирующее воздействие на движение транспортного средства, в том случае, если оно отклоняется от заданного водителем направления движения.



В соответствии с поставленной целью и проведенным обзором ранее выполненных работ сформулированы задачи исследования, основной из которых является разработка модели криволинейного движения одиночного транспортного средства. Анализ зарубежных и отечественных исследований доказывает целесообразность использования существующих математических моделей, описывающих динамику транспортных средств, для получения адекватных результатов в рамках данной работы.

Для реализации модели криволинейного движения колесной машины будет использоваться метод визуально-ориентированного блочного имитационного моделирования сложных динамических систем, методы подсистем и использования сложных переменных.

Значительное место в данной работе будет уделено применению для анализа и синтеза системы управления курсовой устойчивостью интегрированной среды MATLAB и программы Simulink.

Для разработки модели срабатывания системы ЭКУ будут использоваться методы синтеза регуляторов автоматических систем управления: метод корневого годографа, синтез непрерывных регуляторов во временной и частотной областях в подчиненных структурах, синтез систем с обратной связью. На данном этапе работы проведен анализ особенностей современных интеллектуальных технологий в приложении к задачам управления сложными динамическими объектами. В результате работы будут даны общие рекомендации, касающиеся применения интеллектуальных технологий экспертных систем, нейросетевых структур и нечеткой логики для управления процессом динамической стабилизации автомобиля. Будут предложены методы анализа и синтеза интеллектуальных регуляторов.

Кроме этого, создаваемая имитационная модель будет учитывать возможные действия водителя, поскольку уравнения движения управляемого им транспортного средства отличаются от уравнений движения неуправляемой машины.

На основе анализа нормативных документов необходимо определить перечень и условия моделируемых испытаний, позволяющих оценить эффективность работы электронных систем курсовой устойчивости.

Ожидаемым результатом работы является методика расчетного исследования криволинейного движения транспортного средства, оборудованного системой ЭКУ.

УДК 629.113

Д.В. ЗЕЗЮЛИН, А.Г. ЖЕЛНИНА, А.В. ТУМАСОВ, А.М. ГРОШЕВ, В.В. БЕЛЯКОВ

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ СРЕДСТВАМИ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема внедрения систем электронного контроля устойчивости (ЭКУ) на большегрузных автомобилях российского производства является весьма актуальной в настоящее время. В соответствии с Правилами ЕЭК ООН №13-11, принятыми 10 сентября 2009 г. постановлением Правительства Российской Федерации №720 в виде «Технического регламента о безопасности колесных транспортных средств» и вступающими в силу с 01 января 2016 г., все большегрузные транспортные средства должны быть оборудованы системами ЭКУ.

Исследования зарубежных специалистов показывают, что установка системы ЭКУ на коммерческом транспорте способна существенно снизить как количество механических ДТП, в которых участники ДТП не получают серьезных травм, так и количество тяжелых и особо тяжелых ДТП (с погибшими и пострадавшими).

Более объективно определить необходимость использования систем ЭКУ возможно только при моделировании отдельных случаев ДТП с использованием программно-аппаратного комплекса, включающего в себя: реальные компоненты тормозной системы, из-

мерительный комплекс, специальное программное обеспечение. Виртуально-физическая лабораторная установка, при построении которой используются принципы комплексной технологии моделирования, позволит производить оценку поведения транспортных средств не только с учетом конструктивных параметров автомобиля, дорожных условий и действий водителя, но также с учетом особенностей работы реальных агрегатов и блоков управления.

Разрабатываемый программно-аппаратный комплекс состоит из двух функциональных блоков: вычислительного и физического. Вычислительная часть стенда представляет собой компьютер, использующий среду прикладного графического программирования MATLAB+Simulink для реализации пространственной математической модели криволинейного движения большегрузного транспортного средства. Для обеспечения управления стендом и обработки сигналов в реальном масштабе времени используется операционная система реального времени. Физическая модель, реализованная на основе реальных агрегатов и узлов тормозной системы большегрузных транспортных средств, взаимодействует через АЦП/ЦАП с вычислительной частью стенда.

Связь физической модели с компьютером может осуществляться с помощью датчиков давления, которые служат для преобразования давления рабочего тела в электрический сигнал. Сигнал, с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) устройства сопряжения объектов, преобразуется из аналоговой формы в цифровую и поступает на персональный компьютер. В математической модели осуществляется решение дифференциальных уравнений и уравнений связи, описывающих критические режимы при криволинейном движении автомобиля. На основе полученных расчетным путем значений угловой скорости колес, угла поворота руля, скорости рысканья и бокового ускорения автомобиля формируются сигналы, которые преобразуются в импульсы и поступают в электронный блок управления системой ЭКУ, в котором реализован алгоритм управления электромагнитными клапанами модуляторов давления.

Информация о тормозных усилиях передается обратно в компьютер, на мониторе которого отображается поведение ТС с учетом работы агрегатов тормозной системы, после чего процесс передачи данных повторяется. Таким образом, в режиме реального времени можно оценить тормозные свойства ТС и эффективность срабатывания системы ЭКУ. Применение современных графических средств позволяет выполнять визуализацию криволинейного движения колесного транспортного средства в трехмерном пространстве с качеством воспроизводимой информации, не уступающим существующим дорожным автосимуляторам.

Применение современных методик проведения испытаний, основанных на комплексной технологии моделирования, делает возможным рассмотрение самых различных маневров, дорожных условий, а также имитации неполадок (т.е. имитации выхода какого-либо агрегата тормозной системы из строя). Проведение испытаний в лаборатории не зависит от погодных условий и времени суток, а также обеспечивает секретность разработок и снижение объемов дорожных испытаний при внедрении систем электронного контроля устойчивости.

УДК 629.113

С.А. БАГИЧЕВ, Д.В. ЗЕЗЮЛИН, А.М. НОСКОВ, Р.А. МУСАРСКИЙ

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ СРЕДСТВАМИ SIMULINK И VIRTUAL REALITY TOOLBOX**

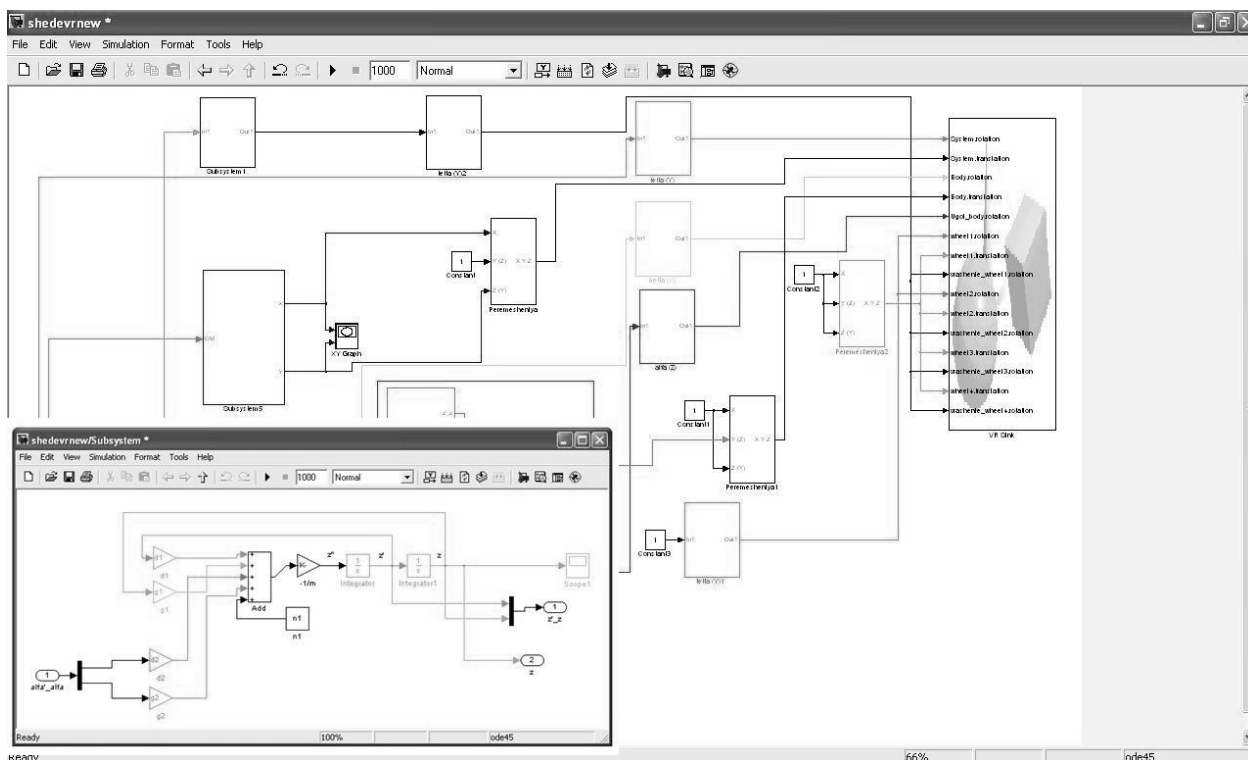
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Данное исследование проводится в рамках работы над созданием пространственной модели криволинейного движения большегрузного транспортного средства для аналитического определения показателей эксплуатационных свойств. Целью исследования является разработка алгоритма реализации математической модели криволинейного движения автомобиля средствами программного обеспечения.

Для систематизации сведений, связанных с многообразием способов описания исследуемого процесса, проведен анализ зарубежных и отечественных исследований по созданию пространственных математических моделей колесных транспортных средств, соединяющих абсолютно твердые и деформируемые тела и использующих теорию неголономных систем, включая неударяющие связи. В основу работы предложен разработанный Р.А. Мусарским и Н.А. Фуфаевым общий подход к исследованию динамики колесных транспортных машин.

Для решения системы дифференциальных уравнений использовался метод визуально-ориентированного блочного имитационного моделирования сложных динамических систем.

Графическая среда комплекса MATLAB+Simulink позволяет при помощи блок-диаграмм и соединения их связями построить необходимую динамическую модель. Данное программное обеспечение содержит обширную библиотеку компонентов.

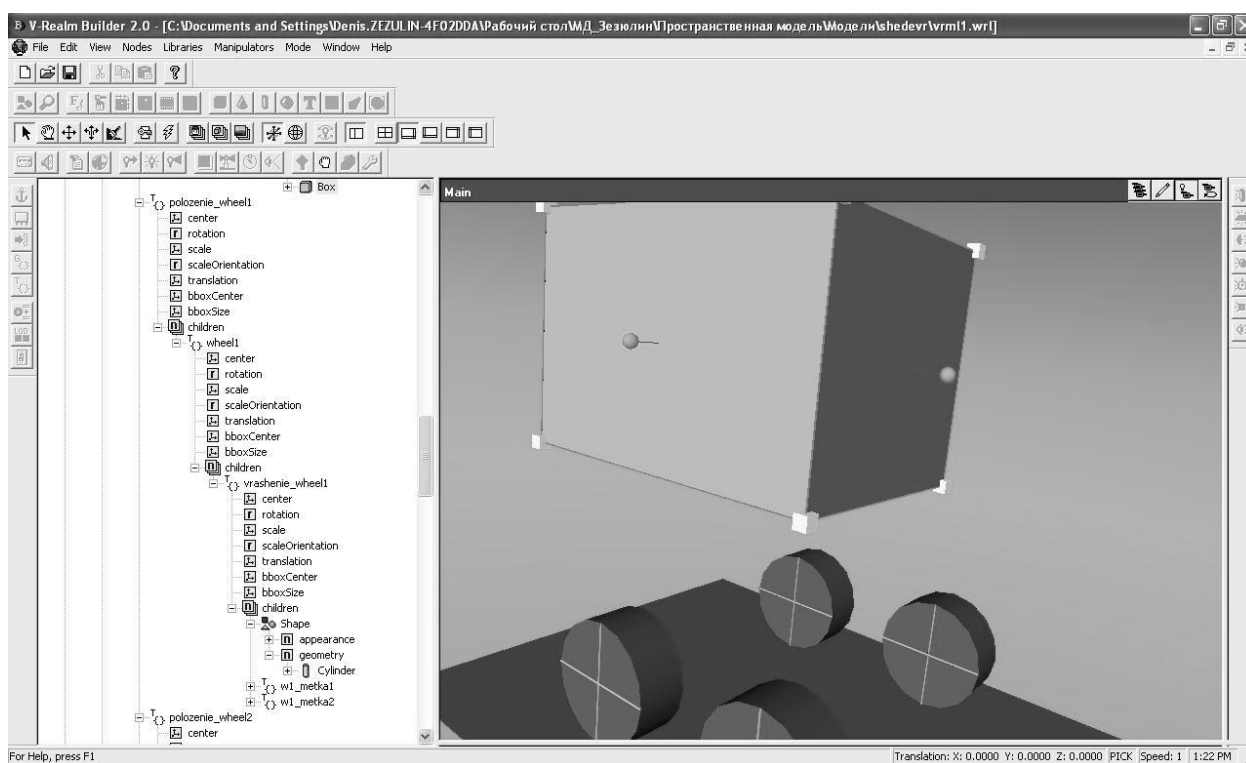


**Рис. 1. Simulink-модель криволинейного движения автомобиля с открытой подсистемой расчета вертикальных колебаний кузова**

Она включает в себя источники сигналов с практически любыми временными зависимостями, масштабирующие, линейные и нелинейные преобразователи с разнообразными формами передаточных характеристик, интегрирующие и дифференцирующие блоки и так далее. Уравнения движения, описывающие процесс пространственного криволинейного движения одиночного колесного транспортного средства, приводятся к виду, удобному для решения. После определения начальных условий дифференциальных уравнений, разрешенных относительно старших производных, следует реализация математической модели средствами MATLAB+Simulink с включением инструментов визуализации результатов.

Наиболее широко распространена визуализация в форме временных зависимостей исследуемых параметров. Однако если моделируются пространственные движения механической системы, наибольшей наглядностью в представлении результатов будет обладать трехмерная анимация. Указанный способ визуализации пространственного движения механической системы позволяет качественно оценить все ее перемещения в комплексе, интуитивно сделать вывод о степени адекватности модели объекту моделирования. Для визуализации результатов моделирования движения автомобиля в форме анимации исполь-

зовался пакет Virtual Reality Toolbox системы MATLAB. Источником значений обобщенных координат автомобиля выступает Simulink-модель.



**Рис. 2. Окно редактора виртуальных анимационных сцен V-Realm Builder**

Результатами данного этапа исследования являются: имитационная модель с интерактивной визуализацией процесса криволинейного движения одиночного транспортного средства по ровной горизонтальной поверхности; методика реализации модели средствами программного обеспечения.

УДК 629.113

Д.В. ЗЕЗЮЛИН, В.С. МАКАРОВ, А.М. НОСКОВ, В.В. БЕЛЯКОВ

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ КОЛЕСНЫХ МАШИН СРЕДСТВАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проведение вычислительных экспериментов на ранних стадиях создания транспортно-технологических машин дает возможность исследовать влияние их конструктивных параметров на процесс движения по бездорожью и принимать оптимальные проектировочные решения в отношении достижения необходимого уровня опорной проходимости.

Целью данной работы является разработка расчетной модели прямолинейного движения колесной машины по деформируемому опорному основанию для оценки их конструктивных параметров в отношении опорной проходимости.

Объект исследования – движение колесного транспортного средства в тяговом режиме по бездорожью.

Теория взаимодействия колесного движителя с уплотняющейся опорной поверхностью получила достаточно полное развитие в трудах отечественных и зарубежных исследователей. Расчетная модель разработана на основе общей теории движения автомобиля по

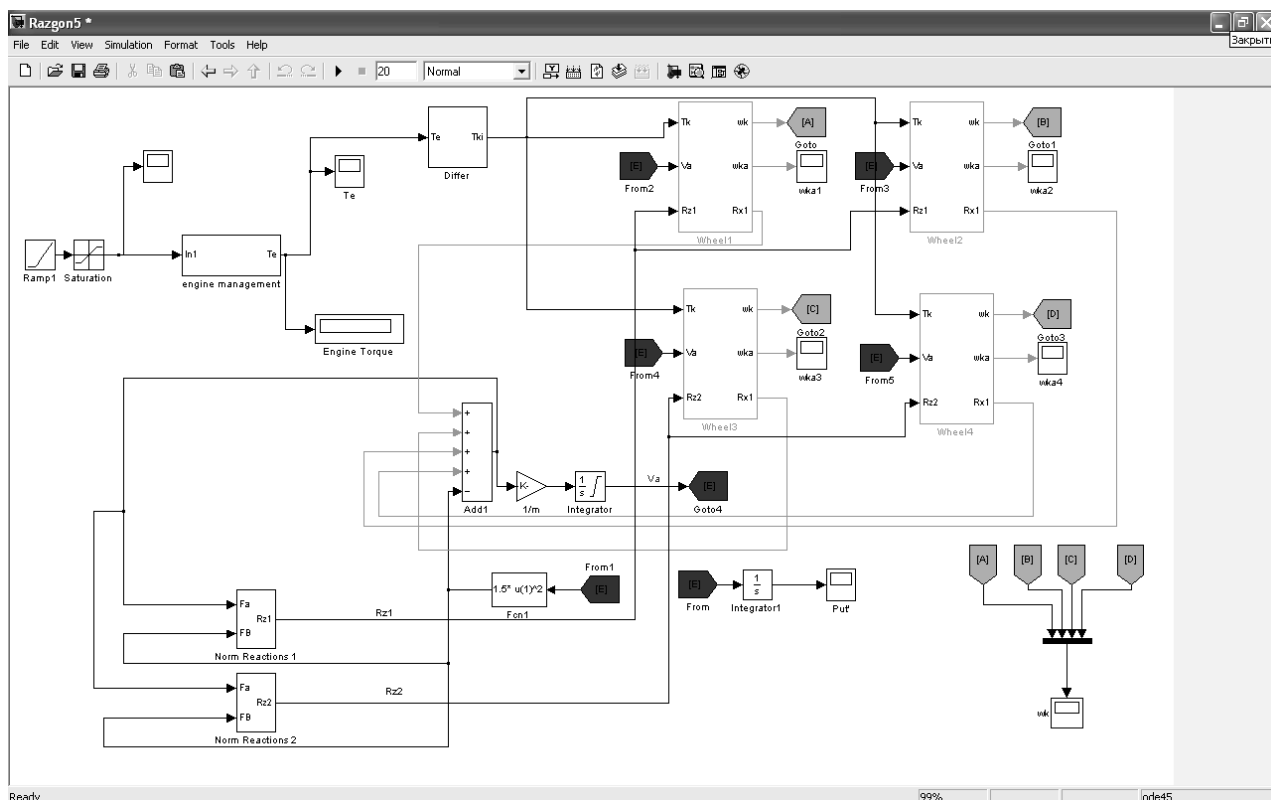
деформируемой опорной поверхности, созданной учеными и исследователями Нижегородской научной школы.

Для реализации математической модели использовался метод визуально-ориентированного блочного имитационного моделирования сложных динамических систем, методы подсистем и использования сложных переменных.

Движение колеса по деформируемой опорной поверхности сопровождается значительным буксованием. Для учета данного явления автомобиль при прямолинейном движении необходимо рассматривать как систему с несколькими степенями свободы и использовать несколько независимых фазовых координат для описания параметров его движения. В качестве фазовых координат выбирают угловые скорости ведущих колес и линейную скорость центра масс и составляют систему дифференциальных уравнений.

Уравнения движения колес получают из рассмотрения системы моментов, действующих на ведущее колесо при неустановившемся режиме движения. При выводе данных дифференциальных уравнений следует учитывать, что при качении колеса по деформируемой опорной поверхности в общем случае подводимая к нему энергия затрачивается на деформацию (смятие) грунта, преодоление сопротивления от прилипания грунта, сдвиг грунта (бульдозерное сопротивление) и экскавационное погружение колеса в грунт при его буксовании.

Дифференциальное уравнение поступательного движения центра масс автомобиля составляется исходя из условия равенства движущей силы корпуса и сумме сил сцепления ведущих колес с опорной поверхностью при внешнем скольжении. Движущей силой корпуса является сумма тяговых сил ведущих колес, приложенных к их осям. При выводе данного дифференциального уравнения необходимо учитывать бульдозерную силу сопротивления движению автомобиля, силу трения скольжения корпуса по опорной поверхности, силы сопротивления подъему и воздуха, силу тяги на крюке.



**Рис. 1. Реализация математической модели прямолинейного движения колесной машины по деформируемому опорному основанию в программном комплексе MATLAB+Simulink**

Коэффициент буксования каждого колеса зависит от двух фазовых координат: действительной угловой скорости колеса и линейной скорости центра масс автомобиля. Следо-

вательно, и коэффициент сцепления также является функцией двух переменных. Поскольку вышеназванный коэффициент входит и в уравнение движения центра масс автомобиля и в уравнения движения колес, то они представляют собой систему уравнений, решение которых должно осуществляться совместно.

Основными результатами работы является имитационная модель прямолинейного движения колесной машины по деформируемому опорному основанию и методика реализации данной модели средствами программного обеспечения.

Разработанная модель позволяет оценить характер взаимодействия эластичных колес транспортного средства с деформируемой опорной поверхностью в зависимости от механических свойств материалов опорной поверхности движения и шин колесного движителя. При этом учтено влияние на механические свойства опорной поверхности, количество проходов колес и возможная разница условий движения под разными бортами машины. В разработанной модели учтено изменение нормальных реакций опорной поверхности на ведущие колеса при неустановившемся движении, а также учтены особенности движения автомобиля при разрушении материала опорной поверхности. В модели предусмотрена возможность учета различных силовых и кинематических связей между колесами движителя, что позволит проводить сравнительную оценку колесных машин с различными схемами трансмиссий.

УДК 629.113

Д.В. ЗЕЗЮЛИН, В.С. МАКАРОВ, А.М. НОСКОВ, В.В. БЕЛЯКОВ

### **РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ КРУТЯЩИМ МОМЕНТОМ НА КОЛЕСАХ ВЕЗДЕХОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

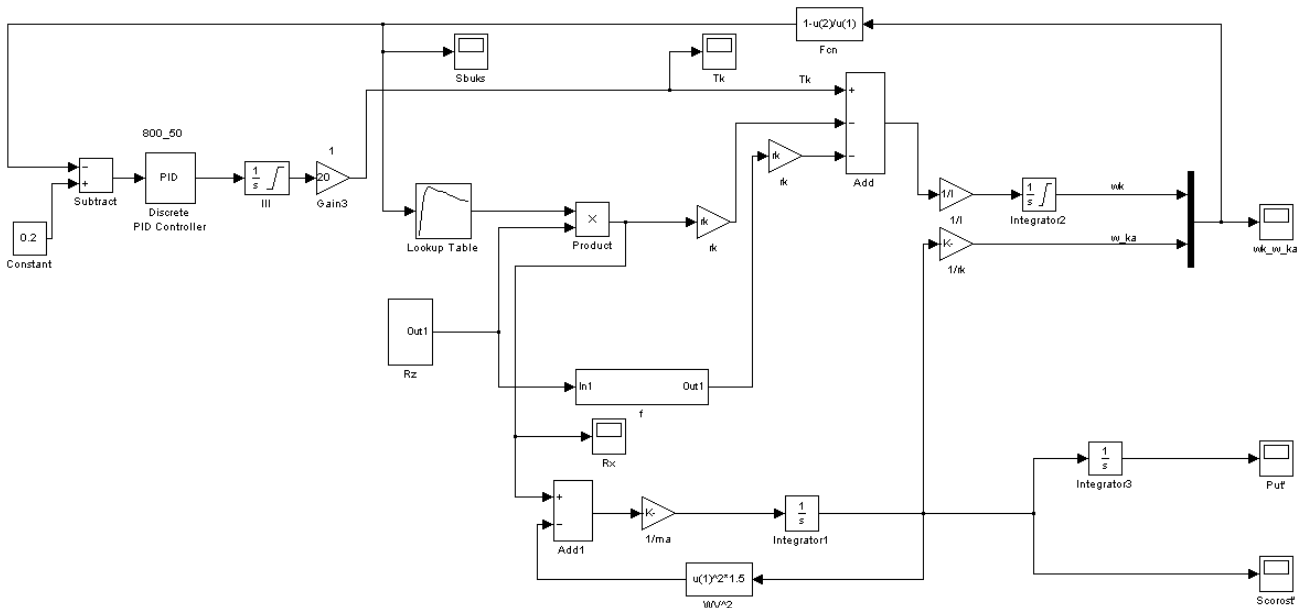
Данное исследование проводится в рамках разработки методики синтеза интеллектуальных систем, обеспечивающих подвижность транспортных средств в условиях бездорожья. Целью данного исследования является повышение опорной проходимости путем оптимального регулирования крутящего момента на колесах вездеходного транспортного средства (ВТС).

Объект исследований: процессы управления тяговым режимом движения колесного транспортного средства.

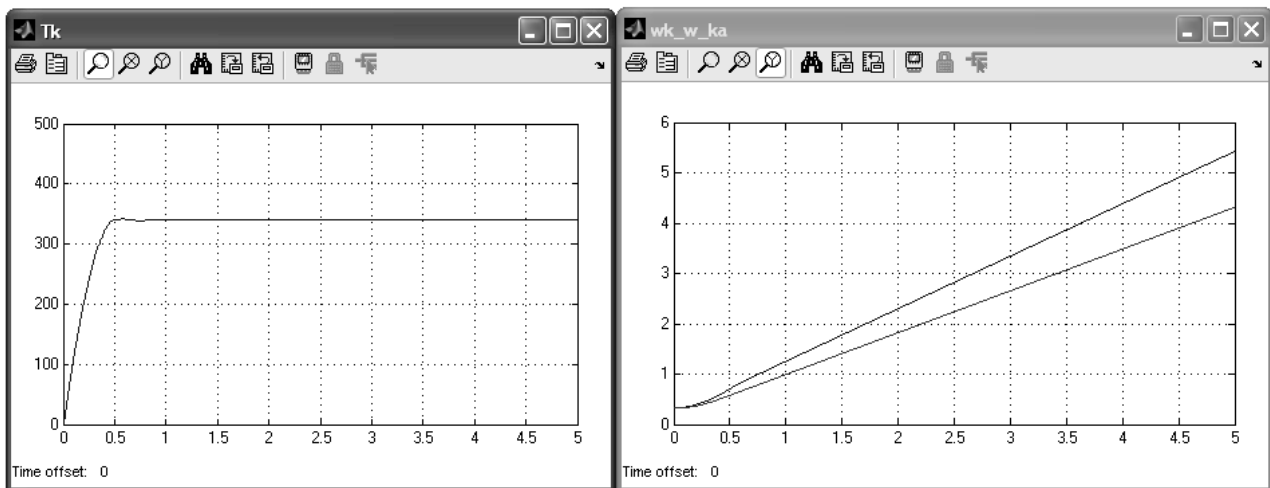
В теоретических исследованиях использованы методы анализа и синтеза автоматических систем управления, методы аналитической механики, современные положения прикладной теории движения колесных машин и методы имитационного моделирования.

В случае поддержания внешнего скольжения колес в режиме тяги на уровне, обеспечивающем максимальное значение коэффициента сцепления в продольном направлении, повышается проходимость ВТС при движении по мягким грунтам, так как реализуется максимально возможная по сцеплению тяговая сила. Одновременно обеспечиваются минимальные энергозатраты при взаимодействии колес с опорной поверхностью, а также экологическая безопасность движителя при работе на слабых почвенно-растительных покровах.

В качестве объекта управления выступает имитационная модель прямолинейного движения ВТС по деформируемому опорному основанию. Перед расчетом параметров регулятора, необходимо сформулировать цель и критерии качества регулирования, а также ограничения на величины и скорости изменения переменных в системе. ПИД-регулятор включается в контур модели для поддержания оптимального значения коэффициента буксования. Для настройки ПИД-регуляторов использовались общие методы теории автоматического управления (метод назначения полюсов, алгебраические методы). После расчёта параметров регулятора требуется его ручная подстройка для улучшения качества регулирования. Для этого используется ряд правил, полученных из опыта, теоретического анализа и численных экспериментов.



**Рис. 1. Simulink-модель движения колесной машины в тяговом режиме при автоматическом регулировании скольжения его колес**



**Рис. 2. Графики изменения крутящего момента на колесе, действительной и теоретической угловой скорости вращения колеса во времени**

Данный закон управления можно реализовать путем применения гидрообъемных и электрических трансмиссий, в которых отсутствует жесткая кинематическая связь между колесами. Другими словами, реализация «интеллектуальных» трансмиссий целесообразна на основе использования бесступенчатых трансмиссий, обеспечивающих получение любого значения передаточного отношения в определенном диапазоне с возможностью изменения величины крутящего момента непосредственно на каждом колесе ВТС в соответствии с текущими характеристиками взаимодействия движителя с опорной поверхностью. Гидрообъемные и электрические бесступенчатые системы приводов движителя приспособлены к оптимальному автоматическому управлению их функциями.

Результаты: имитационная модель, позволяющая проводить теоретические исследования движения колесной машины в тяговом режиме при автоматическом регулировании скольжения его колес; методика реализации модели средствами программного обеспечения; специальный закон управления крутящим моментом на колесах вездеходного транспортного средства с использованием ПИД-регуляторов.

## К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОЛНОПРИВОДНОЙ ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В развитии автомобилестроения отчётливо проявляется тенденция роста доли выпуска легковых автомобилей универсального по климатическим и дорожным условиям назначения, способных обеспечивать безопасное движение с высокой скоростью на магистральных дорогах и, наряду с этим, возможность уверенного движения на заснеженных и обледенелых дорогах, возможность перемещения по неровному размокшему грунту.

Сложился тип автомобилей, занимающий промежуточное положение между, традиционными, легковыми автомобилями и автомобилями повышенной проходимости. Необходимость производства полноприводных легковых автомобилей в Российской Федерации обусловлена:

- недостаточно развитой сетью дорог, а также климатическими условиями (долгая зима);
- потребностью рынка. Потребность в таких автомобилях подтверждается опросом, проведенным журналом «За рулем» в 1997 году, согласно которому 61% из опрошенных пятидесяти тысяч читателей отдали предпочтение полному приводу, почти 50% хотели бы иметь автомобиль с кузовом «универсал». Большинству владельцев автомобилей полный привод необходим только как средство временного улучшения тяговых свойств и проходимости;
- направление легковых полноприводных автомобилей, занимающих промежуточное положение между легковым автомобилем и внедорожником, позволяет оптимально использовать преимущества и тех и других и существенно сгладить их недостатки. Такие автомобили сейчас имеются практически у всех автопроизводителей, помогая более полно заполнять потребительские ниши. Этому помогает еще и то обстоятельство, что базой для автомобилей предполагаемой концепции являются массовые, экономичные с точки зрения проектирования, доводки и производства автомобили, у которых появляются широчайшие возможности для модифицирования.

Следует также перечислить те преимущества, которые есть у легковых полноприводных автомобилей:

- возможность поездок как в условиях хорошего дорожного покрытия, так и в тяжелых дорожных условиях (снег, грязь и т.д.);
- сочетание комфорта, присущего дорожным автомобилям, с высокой степенью безопасности и уверенности управления автомобилем на различных покрытиях (сухой асфальт, лед, снег, грязь);
- удовлетворение потребностей людей, увлекающихся активным отдыхом, для поездок на рыбалку (в том числе и зимнюю), в места катания на горных лыжах, туристические поездки со снаряжением и т.д.;
- лучшие качества по проходимости - можно выезжать на дачу в любое время года, путешествовать по любым дорогам с большим комфортом, чем на полноприводных вседорожных автомобилях;
- более отточенные реакции и улучшенная устойчивость автомобиля позволяют получать удовольствие от быстрой езды, особенно на скользком покрытии, в том числе на мокрой грунтовой дороге.



## **ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ В ПОЛНОПРИВОДНОМ АВТОМОБИЛЕ. «ГИБКИЕ» ТРАНСМИССИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Анализ сложившихся подходов к распределению мощности свидетельствует о том, что специфика использования автомобиля универсального назначения обострила важность ряда недостаточно исследованных проблем распределения.

Главной задачей инженера на начальном этапе проектирования полноприводной трансмиссии становится поиск методов более сбалансированного распределения сил тяги, с тем, чтобы технические решения обеспечения проходимости автомобиля сочетались с возросшей необходимостью обеспечения управляемости и устойчивости. Поскольку базовым решением в распределении сил тяги является использование дифференциалов с функцией блокирования – полного или частичного, представляются необходимыми исследования распределения мощности при различных коэффициентах блокировки в характерных режимах движения, разработка метода первичной оценки распределения для инженерного применения, с тем, чтобы уже на ранней стадии проектирования избежать ошибок в выборе типа узлов распределения мощности и параметров их технической характеристики. Необходима корректировка набора технических требований к узлам распределения мощности с учётом специфики использования автомобиля и анализ современных решений по их конструкции, анализ тенденций развития техники распределения мощности исходя из выявленной специфики технических требований. Следует признать, что имеющиеся в настоящее время рекомендации по формированию концепции распределения мощности не имеют комплексного характера и не отражают наблюдаемого в мировой практике распространения методов управляемого распределения мощности.

Развитие современных технологий ставит всё новые вопросы перед инженерами. Более актуальным стал вопрос о широком использовании электроники в трансмиссиях машин. Создание «гибких» трансмиссий, способных обеспечить плавное изменение передаточного числа и управляемое (независимо друг от друга) изменение частоты вращения колёс. Небезынтересно и то, что появление гибких трансмиссий позволило существенно упростить проектирование машин: решая большую часть компоновочных проблем, они предельно упрощают механическую часть. Но наиболее важная особенность и главное преимущество гибких трансмиссий перед механическими заключается именно в их простой управляемости и широком диапазоне регулирования, способности большинства из них к автоматическому изменению передаточного числа, к непрерывному отслеживанию изменяющихся условий работы (движения) и нагрузки машин и мгновенному на них реагированию, а также изначальной пригодности к автоматическому регулированию. Причем наибольший выигрыш получается, когда гибкая трансмиссия сочетается со средствами автоматического регулирования, которые являются определяющими в оптимизации эксплуатационных характеристик машины. Современные средства автоматического управления, особенно микропроцессорные, позволяют реализовывать весьма сложные законы регулирования, что освобождает проектировщика от многих ограничений, которые связывали его еще 10–20 лет назад в силу ограниченности потенциала имевшихся тогда средств регулирования, дают возможность по новому решать известные задачи проектирования колесных транспортных средств, а также ставить и решать задачи новые. Такие, как обеспечение максимально интенсивного разгона машины при плохом сцеплении колес с опорной поверхностью и движении с низкой скоростью и высокой тягой, обеспечение наибольшей экономичности при движении по мягкому грунту с прокладыванием колеи, ухабистой дороге с переменной вертикальной нагрузкой на колеса и т. п. Поэтому и возник вопрос о необходимости создания новой теории. Его, в частности, поставили Ю.В. Пирковский и С. Б. Шухман.

На пути инженера, на данный момент, «встали» две проблемы в области проектирования полноприводной трансмиссии:

- отсутствие комплексного характера рекомендаций, касающихся методов формирования рационального распределения мощности на начальном этапе проектирования механической полноприводной трансмиссии автомобиля;
- отсутствие теории, касающейся «гибких» трансмиссий.

УДК 629.113

С.Р. БИКТАШЕВ, В.Н. КРАВЕЦ

## **СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЛУЧАЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На кафедре «Автомобили и тракторы» разработана методика расчета вибронегруженности водителя автомобиля при движении по дорогам со случайным микропрофилем. Предложены и реализованы алгоритм и программа расчета спектральной плотности виброускорений водителя на сиденье на языке программирования Visual Basic for Application (VBA). Апробация разработанной методики выполнена на легковом автомобиле Honda Civic Type R 200 (Япония).

В качестве возмущающих воздействий приняты корреляционные функции асфальтобетонной, булыжной и грунтовой дорог, параметры которых взяты из литературных источников. Исследования выполнены на плоской трехмассовой колебательной системе, включающей водителя, поддресоренные и неподдресоренные массы передней и задней подвесок при условии независимости колебаний кузова на передней и задней подвесках.

Расчеты произведены при различных сочетаниях значений жесткостей и коэффициентов сопротивления амортизаторов передней и задней подвесок, причем жесткости изменялись на 20%, а коэффициенты сопротивления амортизаторов – на 100% от номинальных значений этих параметров у реального автомобиля в сторону их повышения и понижения и при максимальной скорости движения на асфальтобетонном покрытии 192 км/ч.

Результаты расчетов были представлены в виде зависимостей спектральной плотности виброускорений на сиденье водителя от частоты вынужденных колебаний и допустимых по МС ИСО 2631 – 78 виброускорений при времени воздействия 8 ч. Всего было построено 54 графика, анализ которых позволил сформулировать следующие выводы.

1. В полосе частот от 0,7 до 22, 4 Гц вибронегруженность водителя на сиденье при движении по дороге с асфальтобетонным покрытием удовлетворяет требованиям МС ИСО 2631 – 78 к легковым автомобилям.

2. Для получения минимального уровня вибронегруженности на рабочем месте исследуемого автомобиля рекомендовано уменьшить жесткость передней и задней подвесок на 20% и увеличить вдвое коэффициент сопротивления амортизаторов.

3. Анализ вибронегруженности рабочего места водителя легкового автомобиля при движении по булыжнику следует производить при скорости 35 км / ч, а по бездорожью – 15 км/ч.

УДК 629.113

А.В. МОТРЕНКО, В.Н. КРАВЕЦ

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АНТИБЛОКИРОВОЧНОЙ СИСТЕМЫ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На кафедре «Автомобили и тракторы» разработан вариант антиблокирочной системы (АБС) для применения на легковом автомобиле среднего класса ГАЗ – 31105 «Волга» производства ОАО «Горьковский автомобильный завод».

Авторами предложен алгоритм работы АБС и выполнено его моделирование с применением программного обеспечения MathLab, приложения Simulink. Для реализации алгорит-

ма работы АБС разработаны блок-схемы: 1) расчета параметров вращения колеса; 2) расчета нормальных реакций, действующих на колеса автомобиля при торможении; 3) расчета замедления и тормозного пути; 4) модулятора АБС; 5) управления модулятором АБС; 6) расчета функции зависимости коэффициента продольного сцепления от коэффициента скольжения тормозящего колеса.

Для оценки эффективности функционирования АБС на модели были рассчитаны тормозной путь и установившееся замедление автомобиля ГАЗ-31105 при торможении на сухом и мокром асфальте при различных начальных скоростях торможения. Результаты расчетов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Показатели эффективности торможения на сухом асфальте**

Начальная скорость, км / ч	Без АБС		С АБС	
	Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м / с <sup>2</sup>	Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м / с <sup>2</sup>
50	15,28	7,9	13,20	8,93
80	36,20	7,9	31,54	8,92
100	55,04	7,9	48,09	8,92

Таблица 2

**Показатели эффективности торможения на мокром асфальте**

Начальная скорость, км / ч	Без АБС		С АБС	
	Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м / с <sup>2</sup>	Тормозной путь, м	Установившееся замедление, м / с <sup>2</sup>
50	24,49	4,44	21,32	5,10
80	60,06	4,44	52,10	5,12
100	92,47	4,44	80,35	5,11

Представленные данные свидетельствуют о том, что установка АБС позволила сократить тормозной путь и повысить установившееся замедление на 13 ... 15 %.

Сравнение показателей эффективности торможения легкового автомобиля на сухом асфальте, полученных при моделировании и при испытаниях, показало, что отклонение расчетных данных от экспериментальных не превышает 5,7 % по тормозному пути и 1,3 % по установившемуся замедлению. Это свидетельствует о высокой точности моделирования процесса торможения автомобиля, оснащенного АБС.

УДК 629.113

В.С. МАКАРОВ, К.О. ГОНЧАРОВ, В.В. БЕЛЯКОВ

**О ФРЕЗЕРОВАНИИ СНЕГА БОКОВИНОЙ КОЛЕСА ПРИ БОКОВОМ СКОЛЬЖЕНИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При появлении бокового скольжения у колеса с развитым боковым протектором (характерно для автомобилей высокой проходимости), помимо появления угла бокового скольжения от бульдозерных эффектов, будет происходить увеличение ширины колеи и увеличение угла за счет фрезерования снега и его выноса вбок (см. рис. 1.). Таким образом, угол бокового скольжения примет вид:  $\alpha'_{\acute{a}a} = \alpha_{\acute{a}a} + \alpha_{\delta\acute{a}}$ , где  $\alpha'_{\acute{a}a}$  - угол бокового скольжения от экскавационно-бульдозерных эффектов с внешней стороны колеса с учетом фрезерования снега боковиной протектора колеса,  $\alpha_{\acute{a}a}$  - без учета фрезерования,  $\alpha_{\delta\acute{a}}$  - угол от фрезерования.

Характер образования колеи показан на рис. 2.

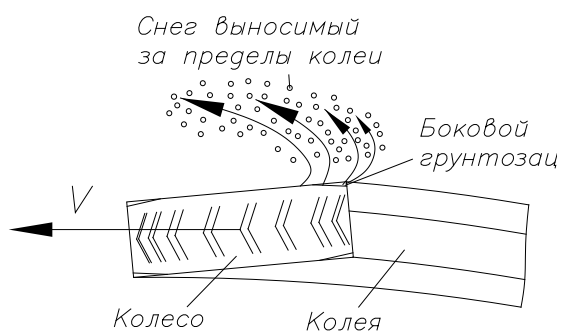


Рис. 1. Вынос снега за пределы колеи

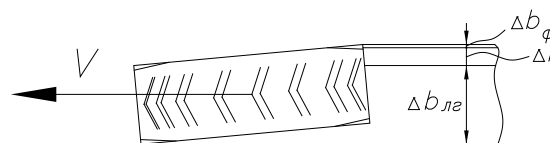


Рис. 2. Характер образования колеи

На рис. 2 показаны ширины колеи:  $\Delta b_{лг}$  - образуемая лобовой частью,  $\Delta b_{бб}$  - образуемая в результате смятия снега,  $\Delta b_{фб}$  - образуемая в результате фрезерования боковым протектором шины.

В результате описанного явления происходит рост силы сопротивления от экскавационно-бульдозерных эффектов. Сила сопротивления от бульдозерных эффектов с внешней стороны колеса вырастет пропорционально увеличению углу бокового скольжения. Сила сопротивления от экскавационных эффектов с внешней стороны колеса вырастет и будет пропорционален объему выносимого снега.

$$P'_{бб} = P_{фб} + P_{бб}, P_{бб} \sim \alpha'_{бб}, P_{фб} \sim \Delta b_{фб}.$$

Учет влияния составляющих от экскавационно-бульдозерных эффектов с внешней стороны колеса с шиной с развитым боковым протектором возникающих при боковом скольжении позволит более точно как качественно, так и количественно описать процесс криволинейного движения колеса.

УДК 629.113

К.О. ГОНЧАРОВ, В.С. МАКАРОВ, В.В. БЕЛЯКОВ

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА БОКОВОГО СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ КОЛЕС МНОГООСНОГО АВТОМОБИЛЯ

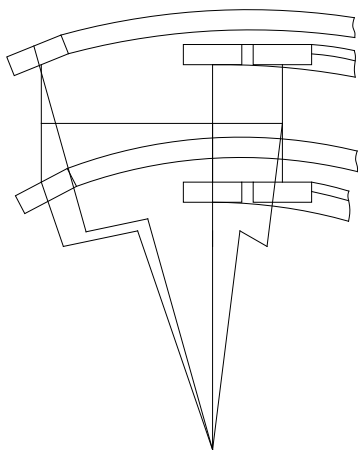
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для многих многоосных автомобилей, имеющих значительную массу, силу инерции (для системы координат, связанной с машиной), возникающую при повороте, гасит силу трения колес о снег. Но появление угла бокового скольжения возможно, это связано с геометрией качения колес и положением полюса поворота.

Например, для автомобиля КАМАЗ-4310 при качении его с минимальным радиусом поворота схема поворота будет следующей (при движении без полезной и с малой нагрузками).

Для управляемых ведущих колес характерно отсутствие угла бокового скольжения (вызванного силой инерции). И центр поворота проходит перпендикулярно продольной оси колеса.

Для колес тележки, так как они не управляемые, характерно наличие угла бокового скольжения, но природа его будет отлична от инерциальных составляющих.



**Рис. 1. Формирование колеи автомобилем КАМАЗ-4310**

Необходимо отметить, что при больших скоростях при повороте и малой массе машины может появиться боковое скольжение, но это достаточно критический случай.

Схема образования колеи, рассмотренная на рис. 1, может быть другой. Угол бокового скольжения может быть и у передней оси при значительной загрузке задней тележки и ненагруженности передних колес. Но при этом расчетная схема и вычисление параметров представляются более сложными и громоздкими.

Поэтому целесообразно проводить расчеты по определению характера образования колеи со случая, при котором у передней оси нет угла бокового скольжения. Если при этом не достигается равновесие, то перейти к общей схеме поворота.

УДК 629.113

К.О. ГОНЧАРОВ, В.С. МАКАРОВ, Д.В. ЗЕЗЮЛИН, В.В. БЕЛЯКОВ

### **ХАРАКТЕР ФОРМИРОВАНИЯ БУЛЬДОЗЕРНОГО ХОЛМА В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ КОЛЕИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из факторов снижения проходимости колесных машин при движении по различным типам грунта является экскавационно-бульдозерный эффект, возникающий при взаимодействии движителя с деформируемым дорожно-грунтовым основанием. Перенос грунта в межколесную область происходит при буксовании (экскавация грунта), а также при деформации и перемещении (бульдозерный эффект) грунта в результате резкого торможения либо боковыми поверхностями движителя при криволинейном движении.

Характер формирования холма за колесом при повороте машины происходит так, как показано на рис. 1. В поперечном же направлении шурф колеи отличен от прямолинейного движения (рис. 2).



**Рис. 1. Продольный шурф**



**Рис. 2 Поперечный шурф**

Анализ рис. 2 показывает, что с внутренней стороны поворота наблюдается некоторое падение глубины снега, выносимого в колею вследствие экскавационного эффекта, а с внешней образование холма.

Поэтому ранее предложенные зависимости по характеру экскавационного взаимодействия колеса с опорным основанием требуют ряда уточнений в области геометрии образования колеи в поперечном направлении.

УДК 629.113

В.С. МАКАРОВ, Д.В. ЗЕЗЮЛИН, В.В. БЕЛЯКОВ

### **ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Потребность экспертной математически обоснованной оценки, назрела в автомобилестроении давно. В основном предлагаемые на сегодняшний день методики основаны на таблицах значений, показывающих меру значимости, того или иного фактора. Например, влияние таких параметров, как размерные, силовые, динамические, экономические, надежность, нормативные, эргономика и дизайн, комплектация, приводимые в виде весовых коэффициентов.

Однако для предложенных значений не совсем понятна природа их происхождения и они справедливы только для конкретных условий эксплуатации. Поэтому необходим подход, обеспечивающий комплексную оценку всех параметров как внешних, так и внутренних. В результате их сравнения можно получить всевозможные оценки, учитывающие все многообразие вариантов.

Так, для системы «машина - местность» и задачи обеспечения проходимости внешним фактором является «местность», внутренним – «машина». На основании выбранного критерия делается вывод о возможности движения или степени соответствия некоторой конструкции некоторому сочетанию условий окружающей среды. В соответствии с поставленной задачей весовые коэффициенты могут быть различны.

Если выбрать две разные конструкции,  $A$  и  $B$ , для которых на участках движения  $C$  и  $D$  будут характерны некоторые множества соответствия  $X_C$  и  $X_D$  для конструкции  $A$ ,  $Y_C$  и  $Y_D$  для  $B$ . Причем  $X_C > X_D$ ,  $Y_C > Y_D$ . То, для целевых задач обеспечения наибольшей проходимости в условиях либо  $C$ , либо  $D$ , преимущество будет иметь конструкции  $A$  и  $B$  соответственно. Если же имеется некий фактор  $E$  (пусть, для  $A$  и  $B$  с равной величиной соответствия) имеющий много больший весовой коэффициент, то вполне возможно наступление события, когда  $A$  и  $B$  обладают одинаковой ценностью. В данном случае целесообразно провести оценку по другим критериям.

Описанную методику можно реализовать при использовании иерархически-множественного подхода, позволяющего просто и удобно объединять свойства различные по природе, но отвечающие поставленной задаче.

УДК 629. 113

П.Б. МАТВЕИЧЕВ, Б.В. САВИНОВ

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

#### **Для чего необходимо исследовать крутильные колебания**

Основной причиной поломок деталей трансмиссии при испытании автомобиля являются неучтенные крутильные колебания. Особенно важно исследовать их наличие при проектировании нового автомобиля. Более доскональное исследование крутильных колебаний способствует уменьшению шумности работы трансмиссии, повышению её долговечности,

снижению веса автомобиля в целом. При определении частот крутильных колебаний очень важно выявить резонансные частоты, которые уменьшают срок службы трансмиссии. Анализ должен завершиться таким подбором конструктивных параметров трансмиссии, при котором основные резонансные режимы должны быть удалены из зоны эксплуатационных скоростей.

#### **Математические модели трансмиссии**

При анализе многомассовой крутильной системы необходимо прежде всего установить, какие параметры трансмиссии наиболее эффективно влияют на частоты и формы её собственных колебаний. Это позволяет, проведя целенаправленное варьирование, добиться наиболее полного гашения крутильных колебаний.

Наибольшую сложность имеет анализ диссипативных систем, особенно при нелинейном трении. Поэтому целесообразно разработать методику, которая позволяла бы определить частоты и параметры затухания таких систем. Ценность такой методики была бы очень большой и в том случае, если она позволяла бы иметь лишь приближённые решения.

#### **Получение исходных данных для расчёта крутильных колебаний**

Для расчёта частот свободных колебаний и амплитуд вынужденных колебаний в трансмиссии автомобиля необходимо иметь исходные данные по приведённым моментам инерции основных масс, по жесткостям валов, соединяющих эти массы, а также по коэффициентам демпфирования в узлах трансмиссии автомобиля. Для определения исходных параметров можно использовать как экспериментальные, так и расчётные методы.

#### **Влияние конструктивных параметров трансмиссии на частоту её собственных крутильных колебаний**

Изменение частоты собственных колебаний многомассовой системы наиболее эффективно может быть осуществлено либо варьированием жёсткости того вала, на котором располагается узел колебаний, либо варьированием моментов инерции той массы, которая имеет наибольшую амплитуду колебаний.

$$\frac{\partial P}{\partial C_x} = \frac{A_x^2(1-\lambda_x)^2}{2P \sum_{i=1}^n I_i A_i^2 + \sum_{i=1}^{n-1} K_i A_i^2 (1-\lambda_i)^2}.$$

Из уравнения видно что наибольшее влияние на изменение частоты собственных колебаний трансмиссии (в общем случае любой динамической системы) оказывает изменение жёсткости того вала, у которого разность амплитуд колебаний масс, находящихся на его концах, будет максимальной. Это влияние уменьшается с ростом частоты собственных колебаний.

УДК 629.113

Д.В. АФАНАСЬЕВА, А.Н. БЛОХИН

### **СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ И ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важными проблемами современного мира являются резкий рост количества автомобилей во многих странах и негативное воздействие, оказываемое ими на окружающую среду. На сегодняшний день на нашей планете около 600 миллионов автомобилей. К 2050 году этот показатель достигнет 2,5 миллиардов. Нетрудно подсчитать, во сколько раз увеличится потребляемое количество нефти, и каковы будут объемы производимых автомобилями выбросов. В связи с этим на сегодняшний день вопросы экологии актуальны для всего мира, не исключая и Россию. Актуально также для российской автомобильной промышленности повышение конкурентоспособности производимой продукции.

Одним из путей решения экологической проблемы является внедрение электромобилей. Данная статья рассматривает экологическую эффективность электромобилей в сравнении с эффективностью автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) и гибридными автомобилями в плане выброса парниковых газов. Для примера взяты Tesla Roadster (электромобиль с LiON аккумуляторными батареями), Honda CNG (на природном газе), Honda FCX (водородные топливные ячейки), VW Jetta Diesel (дизельный ДВС), Honda Civic VX (бензиновый ДВС) и Honda Insight (гибридный автомобиль бензин/электро). Основой послужила статья "The 21<sup>st</sup> Century Electric Car" by Martin Eberhard and Marc Tarpenning, Tesla Motors Inc. Wednesday, July 19, 2006.

**Таблица 1**

**Сравнительная таблица энергоэффективности различных типов автомобилей**

Технология	Автомобиль	Исходный источник энергии	Содержание CO <sub>2</sub> в исходном топливе	Полная энергетическая эффективность	Экологическая эффективность (CO <sub>2</sub> , г/км)
Двигатель на природном газе	Honda CNG	Природный газ	14,4 г/МДж	0,32 км/МДж	45,0 г/км
Водородные топливные элементы	Honda FCX	Природный газ	14,4 г/МДж	0,35 км/МДж	41,1 г/км
Дизельный двигатель	VW Jetta Diesel	Нефть	19,9 г/МДж	0,48 км/МДж	41,5 г/км
Бензиновый двигатель	Honda Civic VX	Нефть	19,9 г/МДж	0,51 км/МДж	39,0 г/км
Гибридный автомобиль (Бензин/Электро)	Honda Insight	Нефть	19,9 г/МДж	0,64 км/МДж	31,1 г/км
Электро	Tesla Roadster	Природный газ	14,4 г/МДж	1,14 км/МДж	12,6 г/км

Сравнительная характеристика экологической эффективности показывает явное превосходство электромобилей перед другими видами автотранспорта. Для внутригородского автотранспорта в ближайшее время нет более экологически чистой и недорогой альтернативы электромобилям.

УДК 629.113

С.В. КОЗЛОВ, К.О. ГОНЧАРОВ

### **РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ БОЛИДА FORMULA STUDENT**

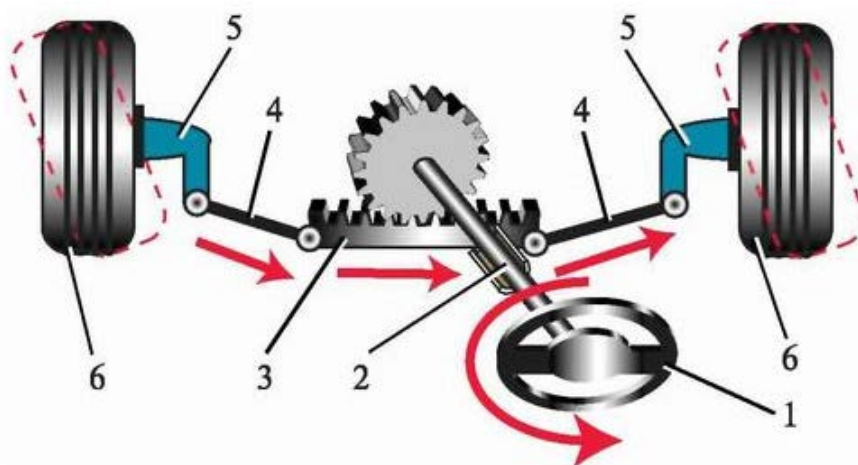
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
СКБ Formula Student

Рулевое управление является одной из наиболее важных систем болида (наряду с тормозами), так как напрямую отвечает за его управляемость, а следовательно, и за безопасность, поэтому проектирование этого узла не допускает ошибок и неточностей. Рулевое управление решено сделать реечным, как оно наиболее оптимально по соотношению надежность/простота/вес. Для того чтобы при прохождении поворотов ни одно из колес болида не проскальзывало, был произведен расчет рулевой трапеции и, исходя из размеров болида (базы, колеи), высчитаны углы крепления поворотных рычагов. Также важным фактором является передаточное число рулевого управления. Для обеспечения наибольшей четкости и



информативности управления у нашего болида это число будет примерно в три раза меньше, чем у современных легковых автомобилей без гидро- и электроусилителей. Это достигается за счет подобранных длин поворотных рычагов. Учитывая такие параметры болида как нагрузка на переднюю ось, давление в шинах, коэффициент сцепления с дорогой, диаметр рулевого колеса, – было подсчитано усилие, прилагаемое пилотом к рулевому колесу. Оно составило порядка 30 ньютонов (~3 кг), что укладывается в рамки регламента Formula SAE и удобно для пилота. Чтобы в экстренных ситуациях пилоту ничего не мешало быстро покинуть свое место, нами будет приобретен и установлен специальный быстросъемный руль, это требование также оговорено в регламенте Formula SAE.

Таким образом, мы стремимся сделать наиболее надежную, простую в изготовлении и обслуживании, а также удобную и безопасную для пилота систему рулевого управления, отвечающую всем требованиям регламента Formula SAE.



**Рис. 1. Схема рулевого управления с механизмом типа «шестерня-рейка»:**

1 – рулевое колесо; 2 – вал с приводной шестерней; 3 – рейка рулевого механизма;  
4 – правая и левая рулевые тяги; 5 – поворотные рычаги; 6 – передние колеса автомобиля

УДК 629.113

А.Л. КУЛАГИН, К.О. ГОНЧАРОВ

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ БОЛИДА FORMULA STUDENT

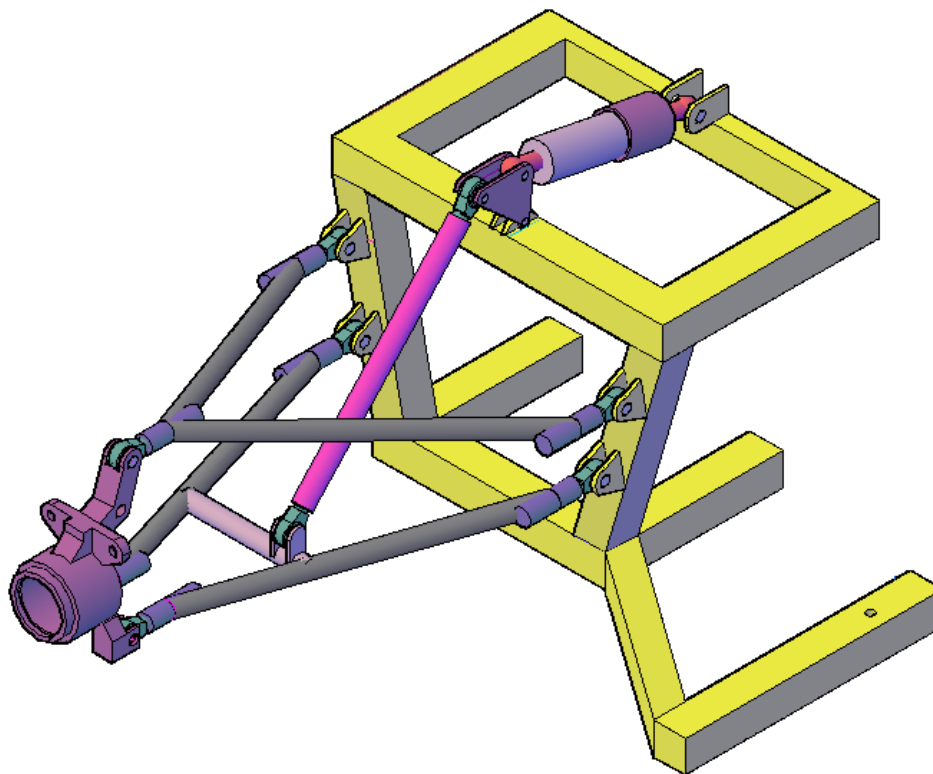
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
СКБ Formula Student

Подвеска представляет собой совокупность важных эксплуатационных свойств – устойчивости, управляемости и скорости движения, при этом правильно спроектированная и рассчитанная подвеска позволит расширить возможности болида.

Оптимальным типом для болида команды FS «Amigo» стала подвеска на двойных поперечных рычагах. В качестве направляющих элементов данная подвеска имеет верхние и нижние рычаги в виде треугольника и трапеции, соответственно.

В спроектированной подвеске верхние и нижние рычаги закреплены шарнирно с рамой и поворотным кулаком или ступицей. Подбор взаимного расположения верхнего и нижнего рычагов обеспечил требуемые значения высоты поперечного и продольного кренов болида и изменения ширины колеи. Для уменьшения изменения углов развала при крене болида на поворотах длина верхних рычагов сконструирована меньше нижних, в этом случае мы получили наклон колеса в сторону отрицательного развала при ходе сжатия и положительного при ходе отбоя. Наибольшее расстояние между верхними и нижними шарнирами

поворотного кулака дает возможность снизить величину сил действующих на рычаги, уменьшить деформацию конструктивных элементов шарниров, но здесь существуют ограничения: в размерах поворотного кулака, тормозного механизма и обода колеса.



**Рис. 1. 3D-модель задней подвески болида СКБ «Formula Student»**

Нижний рычаг соединен через тягу и коромысло с амортизатором, у которого есть два параметра - длина по осям и ход штока. От хода штока непосредственно зависит ход подвески. При установке амортизатора вместе с упругим элементом - пружиной, следует помнить, что в пружине есть пять параметров – жесткость, рекомендуемый ход штока, длина, внутренний и внешний диаметры.

В целом проектирование подвески – это решение большого количества вопросов, в том числе с учетом требований регламента Formula SAE: по выбору типа, характеристик, геометрических характеристик, размеров элементов и их кинематический анализ.

УДК 629.113

А.С. ЛАКЕЕВ, С.М. ОГОРОДНОВ

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие автомобильного транспорта происходит в условиях технического прогресса в области информационных систем и средств связи. Различные автоматические системы управления (АСУ) давно нашли применение на автомобилях, и призваны повысить их активную безопасность, а значит сохранить жизни и здоровье миллионам людей. Тенденции последних лет в области активной безопасности ТС сводятся к тому, чтобы обеспечить взаимодействие автомобиля с элементами дорожной инфраструктуры – знаками, разметкой и

светофорами. Например, разработчики новейшей системы Siemens VDO продемонстрировали, как автомобиль придерживается курса и соблюдает лимит скорости, заданный дорожными знаками, если водитель не обращает на них внимания. Siemens VDO разработали систему распознавания дорожных знаков - интеллектуальный ограничитель скорости. Камера считывает значения дорожных знаков и, если скорость превышена, водитель оповещается об этом. Следующим шагом в развитии подобных систем является возможность использования контроллеров и исполнительных устройств. В процессе работы АСУ устанавливается набор управляющих сигналов, которые вырабатываются соответствующими контроллерами и поступают к исполнительным устройствам элементов системы управления – модулятору давления в приводе тормозных механизмов, регулирования работы двигателя, рулевого управления и трансмиссии. Таким образом, АСУ сама способна принимать решение о необходимости выполнить замедление, полную остановку или совершить манёвр перестроения на другую полосу в зависимости от сигналов, принятых от элементов дорожной инфраструктуры. В этом случае возникает правомерный вопрос – как разграничить ответственность между водителем и АСУ автомобиля, ведь даже самая совершенная система может давать сбой. Помочь в этой проблеме может постоянная самодиагностика АСУ и оповещение водителя о малейших неполадках в ответственных устройствах, чтобы он уже полностью самостоятельно мог принимать решения. При движении у водителя формируются чувственные образы, по которым он оценивает дорожную обстановку и принимает решение о воздействии на тот или иной орган управления. Анализ поведения водителей, повлекшего ДТП, показывает, что многие из них либо не воспринимают существенных изменений в дорожной ситуации, либо не принимают в связи с этим адекватных решений. В случае, когда водитель не совершает адекватного дорожной ситуации управляющего действия, системы автомобиля должны фиксировать это. В США внедрена система, позволяющая отслеживать правильность с точки зрения ПДД действия водителя. В Европе такие устройства предполагается внедрить с 2010 года. Так называемые «чёрные ящики», Event Data Recorders (EDR), постоянно записывают целый спектр данных о неисправностях, скорости автомобиля, направлении его движения, времени использования подушек безопасности. В случае необходимости эти данные могут быть считаны в любое время. АСУ автомобиля должна быть настраиваемой под стиль езды конкретного водителя с той целью, чтобы примерно оценить и предвидеть возможные действия с его стороны в той или иной ситуации.

В настоящее время в мире существует множество автоматических систем слежения и регулирования управляющего воздействия осуществляемого водителем на элементы управления автомобилем. Система регулирования крутящего момента двигателя ASR предназначена для поддержания курсовой устойчивости движения. Система ASR позволяет ограничить силы бокового увода в пределах деформационного скольжения шин и обеспечения наиболее полной реализации сил трения в площадке контакта колёс с поверхностью дороги за счёт снижения силы тяги, скорости движения и силы инерции, действующей на автомобиль. Система ABS обеспечивает сохранение управляемости автомобиля, препятствуя блокировке колёс, а также позволяет не только оптимизировать продольное скольжение шины для реализации максимальной величины коэффициента сцепления, но и работать с учётом реально действующих в пятне контакта колеса и дороги сил. Одним из способов объединения основных функциональных возможностей всех этих систем, позволяющих сохранить заданные параметры движения и сделать их безопасными, является внедрение комплекса автоматического управления курсовой и траекторной устойчивостью автомобиля – Vehicle Dynamics Control (VDC). Система VDC постоянно контролирует действия водителя и автоматически корректирует движение за счёт контроля крутящего момента двигателя, тормозных сил и положения кузова автомобиля с учётом заданного водителем направления движения. Система дополняет управляющее воздействие водителя, вмешиваясь только при угрозе появления критической ситуации, исходя из информационных сигналов, полученных от элементов дорожной инфраструктуры.

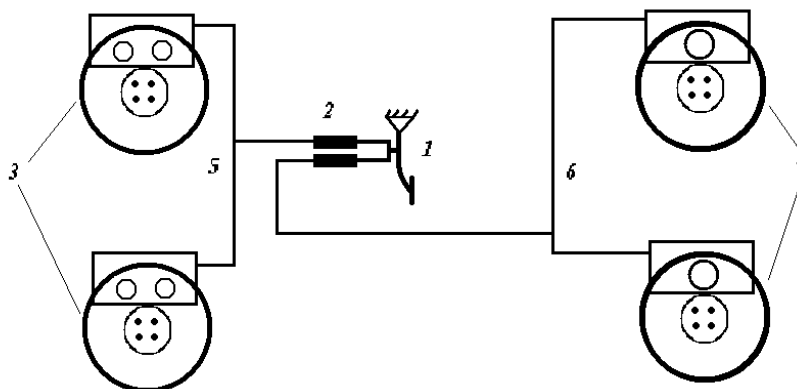
## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ БОЛИДА FORMULA STUDENT

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
СКБ Formula Student

Тормозная система является неотъемлемой частью автомобиля, особенно спортивного. Каким бы мощным двигателем и какой бы идеальной управляемостью не обладал автомобиль - его все равно придется останавливать. Тормозная система относится к элементам активной безопасности автомобиля и служит для снижения его скорости или остановки. Правильно спроектированная тормозная система - залог безопасности. По требованиям регламента «Формула студент» тормозная система должна быть разделена на два независимых контура (рис. 2), каждый со своим главным тормозным цилиндром, что сильно повышает надежность. При выходе из строя одного из контуров система остается работоспособной. Под педалью тормоза необходимо разместить кнопку аварийного выключения двигателя-при ее «провале» вследствие выхода из строя тормозной системы. Для торможения колес было решено применить тормозные механизмы дискового типа с плавающими суппортами (рис. 1), двухпоршневые спереди и одно поршневые сзади.



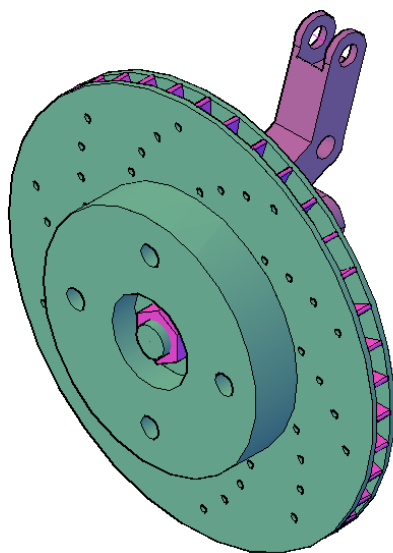
Рис. 1. Тормозной механизм переднего колеса



принципиальная схема тормозной системы болида

Рис. 2. Принципиальная схема тормозной системы болида:

1 – педаль тормоза; 2 - главные тормозные цилиндры; 3 - передние тормозные механизмы; 4 - задние тормозные механизмы; 5 - передний контур; 6 - задний контур



**Рис. 3. 3D модель тормозного диска**

Для передних колес будут использованы вентилируемые тормозные диски от мотоцикла Honda CBR 600. Для задних колес будут использованы тормозные диски от автомобиля ВАЗ1111 «ОКА», так как будет применена доработанная ступица от этого автомобиля. Тормозные диски претерпят серьезные изменения с целью повышения эффективности торможения (рис. 3). Все детали, взятые от серийных автомобилей, будут максимально облегчены. В качестве главных тормозных цилиндров планируется взять главный цилиндр сцепления от автомобиля ВАЗ, который имеет компактные размеры и в состоянии обеспечить необходимое давление.

УДК 629.113

Д.В. КОСОЛАПОВ

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕРКИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ, ОСНАЩЕННОЙ ABS, ESP НА СИЛОВЫХ СТЕНДАХ С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Автомобильный транспорт остается самым опасным видом транспорта. По данным Главного управления ГИБДД в 2009 году на российских дорогах в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) погибло около 26-ти тысяч человек.

Безопасность автомобилей в условиях эксплуатации в значительной степени зависит от технического состояния их тормозных систем. Доля ДТП, обусловленных потерей курсовой устойчивости при торможении из-за значительной неравномерности действия тормозов, составляет 30-40% от общего числа ДТП, произошедших по техническим причинам.

Перспективным направлением решения данной проблемы в области обеспечения безопасности дорожного движения является диагностирование тормозной системы. Известно, что значительное влияние на безопасность движения автомобиля оказывает неравномерность действия тормозных механизмов.

В условиях эксплуатации диагностика тормозных систем автотранспортных средств может осуществляться как в дорожных, так и в стендовых условиях. Наибольшее распространение получил стендовый метод с использованием силовых стендов с беговыми барабанами.

Несмотря на все очевидные достоинства стендового метода, он не совершенен и не может обеспечивать требуемой достоверности результата контроля тормозных систем автомобиля в условиях эксплуатации. Это происходит из-за того, что в результате проверки тормозной системы на беговых барабанах не учитывается работа тормозных систем: антиблокировочная система (ABS), курсовая устойчивость (ESP), электронная система управления (SBC), Brake Assist System (BAS).

ABS всегда обеспечивает оптимальное «прерывистое торможение», поэтому чистое блокирующее торможение уже невозможно. Барабанные ролики достигают скорости вращения не более 5 км/ч, при этой скорости ABS не работает (ABS прекращает работу ниже 15 км/ч). ESP в критический момент притормаживает одно или несколько колес, препятствуя развитию заноса задней оси или сноса передней. Проверить эффективность работы этой системы на барабанных роликах невозможно.

Актуальной задачей на данный момент является совершенствование метода диагностики и контроля технического состояния тормозных систем автомобиля, оснащенных ABS, ESP, SBC и т.д. в условиях проверки на стендах с беговыми барабанами.

Для решения этой задачи имеется два пути:

- проверять только в дорожных условиях автомобили, которые оснащены тормозными системами ABS, ESP, SBC и т.д.;
- разрабатывать или усовершенствовать тормозные стенды с беговыми барабанами, на которых впоследствии можно в полном объеме оценивать тормозную систему.

Решение этой задачи путем совершенствования тормозных стендов позволит существенно повысить безопасность дорожного движения на основе современных методических рекомендаций.

УДК 629.113

А.С. ЗАЙЦЕВ, В.В. БЕЛЯКОВ

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ НОСОВОЙ ЧАСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ВОЗМОЖНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПО СНЕГУ**

ООО «Военно-инженерный центр»,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Снег, глубина которого превышает высоту дорожного просвета, является серьёзным препятствием на пути любого транспортного средства. Возможность преодоления такого препятствия зависит от большого числа факторов, в числе которых мастерство водителя, наличие системы регулирования давления воздуха в шинах, размер и характеристики протектора шин, конструктивные особенности направляющего аппарата подвески колес, переднего бампера и днища машины, а также мощностные показатели двигателя.

При движении транспортного средства по снегу, глубина которого превышает высоту дорожного просвета, часть снега отбрасывается элементами конструкции шасси машины, часть сминается колесами, образуя колеи, часть оказывается в межколесном пространстве между колеями колес, а часть смещается элементами конструкции по направлению движения, создавая тем самым бульдозерно-экскавационное сопротивление движению. Для увеличения скорости движения и улучшения тяговых характеристик транспортного средства необходимо уменьшить количество буксируемого снега, отбросить его, пустить на образование колеи или уплотнить в межколесном пространстве.

Результаты испытаний автомобиля «Тигр» на снежной целине глубиной 650 мм (рис. 1) позволяют дать следующие рекомендации по конструированию автомобилей высокой проходимости для снижения бульдозерного сопротивления при движении по снегу.



Рис. 1. Движение автомобиля «Тигр» по снежной целине

Рекомендации и обоснования (рис. 2):

1. Передний бампер необходимо выполнять наклонным, это позволит разделить снег на слой 1 и 2. Слой 2 будет уплотняться, переходя в межколесную область, а слой 1 будет буксироваться или отбрасываться.

2. При конструировании переднего бампера следует оставлять колесные ниши открытыми – вариант 1, это позволит избежать накопления снега перед бампером вариант 2 и увеличения бульдозерного сопротивления.

3. Не обязательно выполнять передний бампер в виде рассекателя, достаточно расположить на нем «кенгурятник» или кронштейн номерного знака. При движении автомобиля снег, уплотняясь и заполняя пустоты между «кенгурятником» и облицовкой радиатора сам достаточно успешно выполнит функции рассекателя, рассекая слой 1 и отбрасывая его под колеса и прочь от автомобиля.

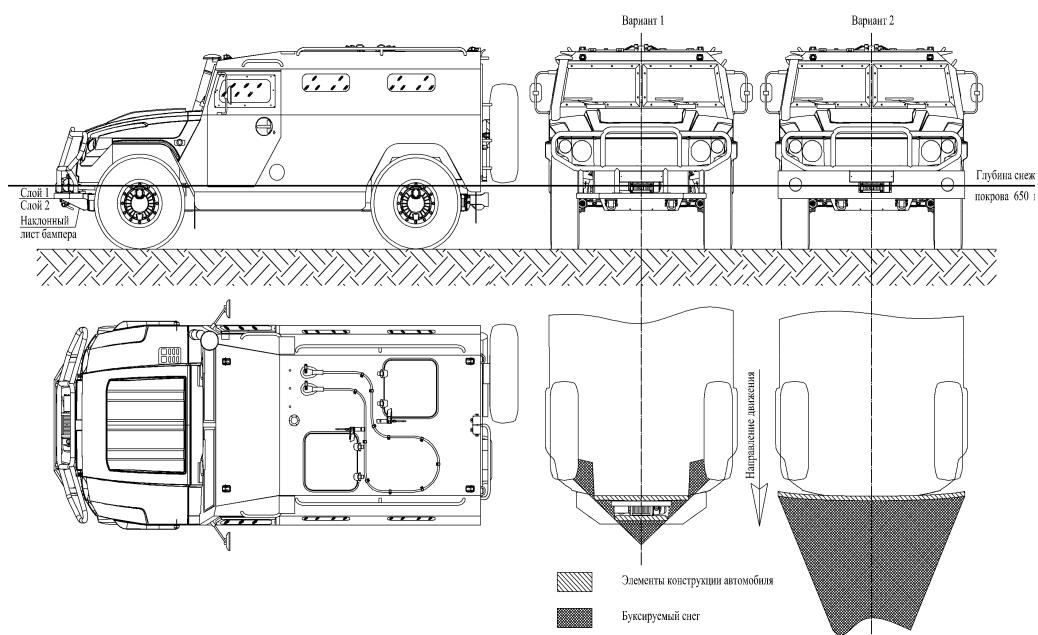


Рис. 2. Схема взаимодействия автомобиля со снегом

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Камская государственная инженерно-экономическая академия

Автомобиль относится к классу сложных технических систем, поскольку состоит из множества подсистем-агрегатов, механизмов, навесных элементов. Вследствие этого его безопасная и долговечная работа во многом определяется качеством и надежностью его узлов и агрегатов.

При работе автомобиль взаимодействует с окружающей средой, которая оказывает влияние на изменение его свойств. Взаимодействие между элементами характеризуется физическими величинами – конструктивными параметрами: размерами, взаимным расположением и перемещением деталей, зазорами между ними и т.д.

Возможность непосредственного измерения конструктивных параметров без частичной или полной разборки агрегатов и механизмов ограничена. Поэтому при определении технического состояния часто пользуются косвенными величинами – диагностическими параметрами, которые связаны с конструктивными, и дают о них достаточную информацию. Например, абразивный износ контактирующих поверхностей как диагностический параметр характеризует эффективность функционирования двигателя.

Изменение технического состояния автомобилей, агрегатов, механизмов происходит под влиянием постоянно действующих причин, обусловленных работой самих механизмов, случайных воздействий, а также внешних условий, в которых работает автомобиль.

Очевидно, что безразборное обнаружение неисправностей узлов машин и механизмов на ранней стадии дает возможность не только предотвратить их внезапные отказы, но и перейти к эксплуатации и техническому обслуживанию оборудования по фактическому состоянию, исключив ненужные вскрытия механизмов, тем самым минимизировав объем ремонтных работ.

В настоящее время широкое применение в области диагностики находят неразрушающие методы контроля (НМК). Одним из НМК является капиллярный метод.

Однако применение данного вида дефектоскопии сопряжено с полной или частичной разборкой агрегата, сложностью механизации и автоматизации процесса контроля, снижением достоверности результатов при отрицательных температурах.

В дальнейшем планируется применение различных датчиков для определения остаточного ресурса изделия, что позволит избежать больших потерь времени и материальных затрат, обеспечит частичную или полную автоматизацию операции контроля при одновременном значительном повышении качества и надежности изделия.

## **ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ. АНАЛИЗ ИНОСТРАННОГО ОПЫТА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Автомобиль оказывает негативное воздействие на окружающую среду на протяжении всего своего жизненного цикла. И на каждом этапе необходимо добиться как можно лучших показателей экологичности. Очень важным является последний этап – этап завершения выезда автомобиля из эксплуатации. Только в Москве ежегодно выбывает из строя свыше 150 тысяч транспортных средств. Большая их часть оставляется хозяевами во дворах, на пу-



стырях, на неорганизованных свалках. Все это наносит значительный вред окружающей природе.

Однако такое положение вещей имеет довольно веские причины. Во-первых, отсутствие у автовладельцев заинтересованности сдавать отслужившие автомобили и изношенные автомобильные компоненты на утилизацию. Во-вторых, отсутствие у промышленных предприятий заинтересованности собирать и перерабатывать отслужившие автомобили, кузова и автомобильные компоненты. В-третьих, отсутствие в России и субъектах Федерации нормативно-правовой базы, стимулирующей и организующей работу системы по сбору и переработке отслуживших автомобилей и автомобильных компонентов (система авторециклинга). В-четвертых, отсутствие инфраструктуры авторециклинга.

Государственная программа по утилизации автомобилей, запущенная в этом году, все же больше стимулирует покупку новых отечественных автомобилей, чем решает главную проблему – отсутствие инфраструктуры авторециклинга.

В странах ЕС авторециклинг уже несколько лет стимулируется на государственном уровне. Была принята директива 2000/53/ЕС, в которой описаны требования и сроки их выполнения. Так, к 2015 году коэффициент переработки и вторичного использования материалов, входящих в вышедший из эксплуатации автомобиль (ВЭА) должен составлять 95%, включая получение тепловой энергии за счет сжигания части остатков или 85% без сжигания.

Страны ЕС создают систему по сбору ВЭА и использованных запчастей, а также процедуру выдачи сертификата об уничтожении автомобиля для снятия его с учета, и добиваются того, чтобы производители (изготовители или непосредственные импортеры) покрывали всю или большую часть связанных с этим расходов. У автопроизводителей разрабатывается стандартная кодировка деталей и материалов на автомобилях в целях удобства их распознавания и последующей утилизации.

Чтобы уменьшить загрязнение окружающей среды, страны ЕС с 01.07.2003 г. не допускают к продаже автомобили, при изготовлении которых использованы свинец, ртуть, кадмий и шестивалентный хром, и стимулируют производителей к изготовлению автомобилей из материалов, подлежащих рециклингу.

Утилизация ВЭА – это не только защита окружающей среды, но и сокращение расходов природных ресурсов и энергии. По расчетным оценкам, эколого-экономический эффект при утилизации среднестатистического легкового автомобиля в России массой 1050 кг на 85 % составляет 7400 руб./автомобиль, что включает уменьшение расхода ископаемых природных ресурсов на 3300 кг/автомобиль, снижение расхода энергии на 56000 МДж/автомобиль, уменьшение выбросов вредных веществ на 1960 кг/автомобиль, уменьшение ущерба окружающей среде на 1000 руб./автомобиль. При этом затраты на утилизацию одного автомобиля составляют 3000 р.

УДК 629.113

Н.В. ЕРШОВ, С. М. КУДРЯВЦЕВ

### **АНАЛИЗ НДС КОРПУСА ПЛАВАЮЩЕЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ ТИПА «УЗОЛА»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Снегоболотоход «Узола» предназначен для доставки людей и грузов в труднодоступные районы, где передвижение обычных автомобилей и автомобилей повышенной проходимости затруднено или невозможно. Машина создана для эксплуатации на узких лесных проселках, по пересеченной местности, изобилующей водными преградами, снегом, болотами, в горных условиях, с возможностью движения по дорогам общего пользования и шоссе

всех типов в любое время года и суток при температуре окружающей среды от -50С до +40С. Этот снегоболотоход является плавающим и может преодолевать водные преграды со скоростью 4-5 км/ч за счет перематывания гусениц. Особое значение придается возможностям использования снегоболотохода, связанным с разработкой нефтяных и газовых месторождений Севера, труднодоступных районов Сибири и Дальнего Востока.

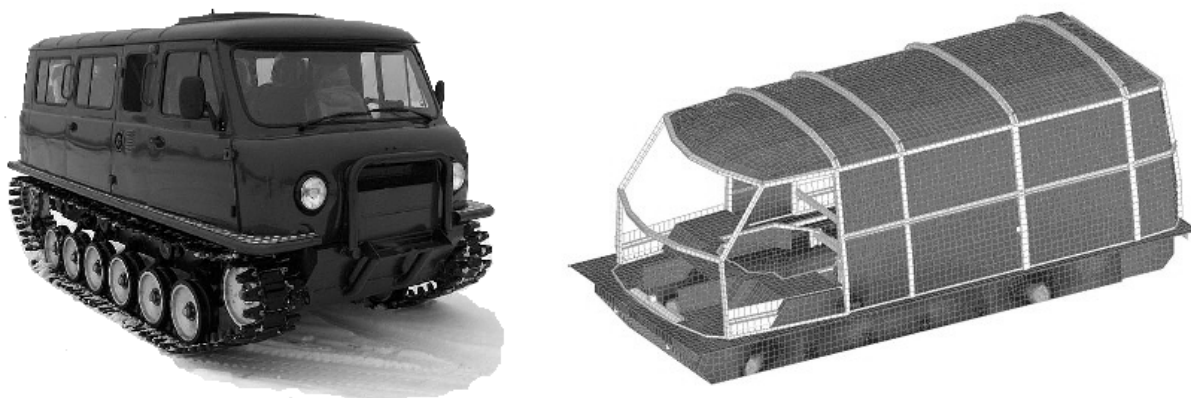


Рис. 1. Общий вид снегоболотохода «Узола» (слева) и расчетная модель его корпуса (справа)

Одним из важнейших и наиболее ответственных элементов конструкции транспортного средства является корпус. Конструкция корпуса машины испытывает сложное напряженно-деформированное состояние, которое хаотически изменяется под влиянием дорожных неровностей и режима движения. Поведение корпуса вездехода в таких условиях недостаточно изучено, и говорить об оптимизации его конструкции преждевременно. Тем не менее, такая задача остается актуальной, и требует своего решения. Для этого необходимо создать математическую модель корпуса (общий вид снегоболотохода и расчетная модель корпуса представлены на рис. 1) и разработать план исследования его прочности и жесткости в различных условиях эксплуатации. Тогда можно получить регрессионные зависимости изучаемых характеристик, например:

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= A_0 + A_1x_1 + A_2x_2 + \dots + A_nx_k, \\ f_{\max} &= B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_k, \\ &\dots\dots\dots \\ M_{\text{корп}} &= C_0 + C_1x_1 + C_2x_2 + \dots + C_nx_k, \end{aligned}$$

где  $\sigma_{\max}$  –наибольшие напряжения в элементах конструкции,  $f_{\max}$ -наибольшие деформации элементов конструкции,  $M_{\text{корп}}$  – масса корпуса.

УДК 629.113

А.Д. КОЗЛОВ, С.М. КУДРЯВЦЕВ

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Недостатком работы автомобильного транспорта является выброс вредных веществ в атмосферу, а также довольно низкий коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания. Кроме того, характеристика крутящего момента такова, что для нормальной работы автомобиля требуется коробка передач с диапазоном передаточных чисел как минимум 3,5:1.

Успехи современной промышленности привели к созданию хотя бы опытных, а по некоторым моделям и промышленных конструкций силового агрегата в составе двигателя

внутреннего сгорания и электродвигателя с системой накопителя электроэнергии избыточной мощности. Это привело к существенному снижению расхода автомобильного топлива. Разработка позволила значительно уменьшить выброс вредных веществ и сохранить динамику автомобиля. Одновременно с этим повысилась и стоимость электромобиля, а точнее автомобиля-гибрида в связи с применением новых материалов и новых технологий.

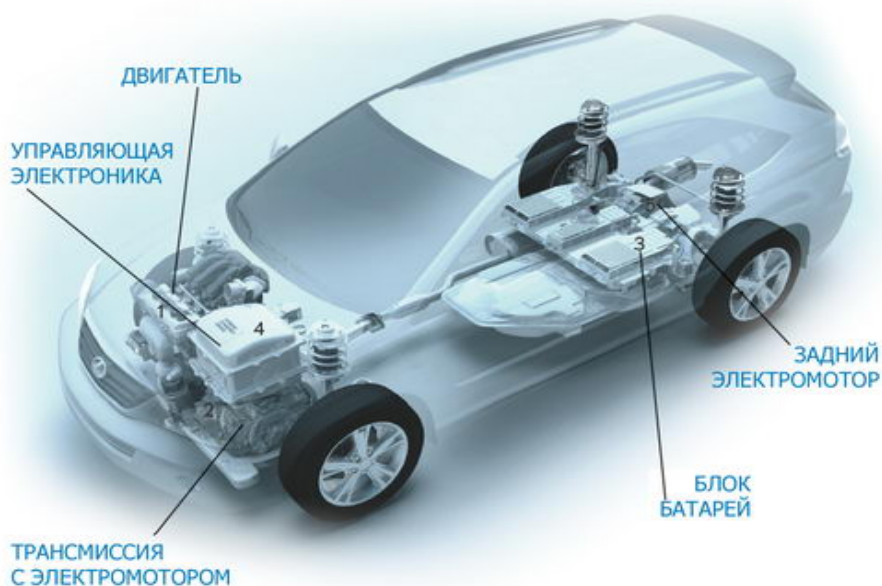
Необходимо отметить, что больший эффект от внедрения гибридных силовых установок будет замечен при установке их на автобусах городского типа, так как здесь применяются двигатели большей мощности и затрачиваются большие объемы топлива. Кроме того требования к выбросу вредных веществ при работе автобуса в городе наиболее высоки.

Примером такой установки может служить показанная на рис. 1 компоновка автобуса Orion VII Next Generation hybrid и легкового автомобиля Lexus RX 400, показанная на рис. 2.



**Рис. 1. Компоновка автобуса**

Дальнейшее исследование в области гибридных автомобилей, а именно в разработках связанных с системой управления работой комбинированных энергосиловых установок является приоритетными и необходимыми, так как это позволяет оптимизировать работу всего гибридного автомобиля и улучшить тяговые, скоростные, экономические и экологические показатели. Тем более тенденция развития гибридов неуклонно растет, как и спрос на них.



**Рис. 2. Компоновка легкового автомобиля**

---

---

# Эксплуатация наземных транспортных средств

---

---

УДК 629.113.004

Н.П. БУЗЫНИЦ, Н.А. КУЗЬМИН, Ю.В. КОШЕЛЕВ

### ПРОЦЕССЫ И ФАКТОРЫ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Практически во всей известной технической литературе изнашивание, пластические деформации, прочностные разрушения деталей автомобилей, усталость и коррозию металлов, старение автомобильных конструкционных и эксплуатационных материалов называют физико-химическими причинами изменения технического состояния автомобилей. Представляется наиболее целесообразно называть их *процессами*, а причинами-*факторами*, влияющими на интенсивность протекания этих процессов, следует считать:

- условия эксплуатации (дорожные, транспортные, природно-климатические) автомобилей;
- эксплуатационные режимы (нестационарные, скоростные, нагрузочные, тепловые) работы агрегатов и прочих конструктивных элементов (КЭ) автомобилей – механизмов, систем, узлов и деталей. К этому фактору следует отнести и качество вождения и использование автомобилей по назначению, что влияет на режимы работы их КЭ;
- обкатке агрегатов автомобилей, режимы и аккуратность проведения которой существенно влияют на долговечность КЭ автомобилей и интенсивность протекания большинства вышеуказанных процессов;
- качество и соответствие конкретному автомобилю применяемых эксплуатационных материалов (бензины, дизельные топлива, моторные и трансмиссионные масла, пластичные смазки и т.д.);
- качество осуществления (и своевременность) технических воздействий на автомобиль и его КЭ (технических обслуживаний, диагностических работ, текущих и капитальных ремонтов).

Кроме того, перечень чаще всего анализируемых совместно процессов, происходящих в КЭ автомобилей, представляется недостаточно полным. Например, в методической литературе при совместном анализе всех процессов изменения технического состояния автомобилей не уделяется внимания остаточным деформациям деталей. Они обусловлены возникновением в объемах деталей остаточных напряжений с последующим их освобождением в процессе эксплуатации автомобиля (релаксация остаточных напряжений). Основной причиной возникновения остаточных напряжений в объемах деталей являются нарушения технологии их изготовления или ремонта, прежде всего речь идет о местных перегревах объемов металлов деталей, например, при сварке, токарных, шлифовальных и подобных им операциях. Возникновение существенных перепадов температур в объемах деталей и приводит к образованию существенных температурных напряжений. Остаточные напряжения в деталях возникают не только при перепадах температур в объеме деталей, но и под воздействием больших давлений на их поверхности или при воздействии нагрузок, вызывающих напряже-

ния в области предела упругости. Релаксация остаточных напряжений приводит в эксплуатации к короблению деталей, в результате – нарушению соосности технических отверстий, ориентации посадочных мест и т.д. Данные процессы в большей степени присущи большим корпусным деталям, к которым относятся рамы автомобилей, кабины, блок-картеры двигателей и пр. Физическая сущность этого процесса понятна, проявление последствий в практике эксплуатации распространены. Таким образом, этот процесс изменения технического состояния автомобилей должен быть отнесен к распространенным процессам наряду с изнашиванием, усталостью, коррозией металлов и др.

УДК 629.431.73

Н.А. ТУМАСОВА, Н.А. КУЗЬМИН, Г.В. БОРИСОВ

### **АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ КУЗОВОВ АВТОБУСОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема долговечности лакокрасочных покрытий отечественных автобусов весьма актуальна. Статистика показывает нарушение сплошности покрытий автобусов (образование трещин на наружных поверхностях панелей кузовов) еще в гарантийный период эксплуатации не менее, чем у 50% отечественных автобусов ПАЗ, ЛиАЗ и микроавтобусов ГАЗ.

Причина указанного явления очевидна – деформации каркаса кузова при движении автобусов. Каркас должен быть достаточно жестким и не допускать при движении автобуса перемещений узлов ячеек (сот) каркаса больше допустимых значений. Большие взаимные перемещения узлов ячеек каркаса чаще всего не приводят к его разрушениям. При проектировании и изготовлении автобусов на заводах-изготовителях на это обращается особое внимание и разрушение каркасов автобусов в гарантийный период эксплуатации происходит крайне редко. Ячейки каркасов автобусов закрываются листами металлов (чаще всего сталью), которые покрываются лакокрасочными покрытиями. Крепятся эти панели посредством сварки, реже – заклепок. Расчетные и реальные значения взаимных перемещений узлов каркаса кузова крайне редко приводят к разрушению (образованию трещин) металлических панелей (в крайнем случае будет допустимая пластическая деформация металла), но даже незначительные величины указанных перемещений вызывают образование трещин лакокрасочных покрытий, предел пластического разрушения которых очень мал. Трещина может быть практически невидима, но достаточна для обеспечения контакта металла панелей каркаса автобуса с атмосферой и агрессивными средами. Это приводит к началу и прогрессированию коррозионных явлений до полной перфорации металлов.

Следует признать, что сказанное может пока считаться лишь гипотезой основной причины нарушения сплошности лакокрасочных покрытий панелей отечественных автобусов, соответствующие научные исследования еще продолжаются. Алгоритм научно-исследовательской работы состоит из следующих основных этапов:

1. Сбор (визуально) и обработка статистики по нарушению сплошности лакокрасочных покрытий кузовов автобусов с построением соответствующих статистических моделей. Сбор отказов производился в пассажирских автотранспортных предприятиях ГП НО «Нижегородпассажиравтотранс» (базовое предприятие – НПАП 7).

2. Разработка конечно-элементных моделей (КЭМ) напряженно-деформированного состояния каркасов автобуса ПАЗ-3205 и микроавтобуса ГАЗ-32213. Особое внимание здесь обращается на начальные (граничные) условия, т.е на значения и места приложения внешних напряжений на узлы сетки конечных элементов моделируемых каркасов, которые реально отражают внешнее силовое нагружение конструктивных элементов каркасов автобусов. При этом учитываются и «пиковые» ударные силы от реальных дорог.

3. Расчетный эксперимент с использованием КЭМ по определению перемещений узлов ячеек каркаса.

4. Определение реальных перемещений узлов ячеек каркасов автобусов с использованием тензодатчиков. Сравнение реальных и расчетных значений.

5. Определение критических значений растяжки реальных образцов металлических панелей с нанесенными лакокрасочными покрытиями (вырезанных из листов панелей), при которых начинается образование трещин покрытий. Для экспериментов используется стандартное оборудование для исследования и фиксации пластических деформаций и разрушений металлов в лаборатории «Сопротивления материалов» НГТУ.

6. Сравнение критических перемещений образцов панелей и реальных перемещений (перемещений на КЭМ).

7. Разработка технических решений по уменьшению перемещений узлов ячеек каркасов автобусов до допустимых значений с точки зрения начала образования трещин лакокрасочных покрытий панелей каркасов автобусов. Возможные технические решения: утолщение профилей каркасов, применение альтернативных металлов для изготовления каркасов, выбор лакокрасочных покрытий, допускающих определенные пластические растяжения без нарушения сплошности (рекомендации для заводов-изготовителей); увеличение жесткости каркасов автобусов в условиях автотранспортных предприятий (установка усилителей, косынок в «критических» узлах ячеек каркасов и т.д. ).

8. Апробация указанных технических решений на моделях с использованием КЭМ каркасов автобусов путем вариантных поисков и оптимизации.

9. Усиление каркасов новых автобусов НПАП-7 с использованием эффективных и наиболее практичных технических решений.

10. Повторный сбор (визуально) и обработка статистики по нарушению сплошности лакокрасочных покрытий кузовов автобусов с построением соответствующих статистических моделей.

В результате работы ожидается существенное повышение долговечности лакокрасочных покрытий отечественных автобусов.

УДК 629.113.004

Ю.В. КОШЕЛЕВ, Н.А. КУЗЬМИН, Д.С. МОШКОВ

## **УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Отечественный и зарубежный опыт организации материально-технического снабжения (МТС) на автомобильном транспорте показал, что оптимально проблема хранения и распределение запасных частей и материалов решается путем применения продвижения их от изготовителя до потребителя по складам различного уровня.

На складах автотранспортного предприятия (АТП) хранятся только самые «ходовые», наиболее спрашиваемые запасные части и материалы, и запасы их относительно минимальны. На складах следующего уровня храняемая номенклатура шире, а запасы по каждому наименованию больше. Самые большие запасы и вся номенклатура запасных частей хранятся на центральном складе завода-изготовителя данного автомобиля или специализированных заводов по производству запасных частей.

Между складами устанавливается оперативная связь и, по мере необходимости, детали нужной номенклатуры со склада высшего уровня передаются на склад нижнего уровня, поддерживая там необходимый для спроса их запас. При такой организации МТС большую часть запасных частей и материалов конкретное АТП получает не от заводов-изготовителей,

не из каких-то случайных источников или нескольких поставщиков, а от одного, т. е. со склада высшего уровня. При этом получение тех или иных видов материальных ценностей практически не зависит от сроков их изготовления, и легко реализуется возможность точно согласовывать сроки поставки запчастей и материалов.

Способ определения номенклатуры и объемов запасных частей, которые следует хранить на каждом складе, и процесс поддержания запасов на оптимальном уровне называется **управлением запасами**.

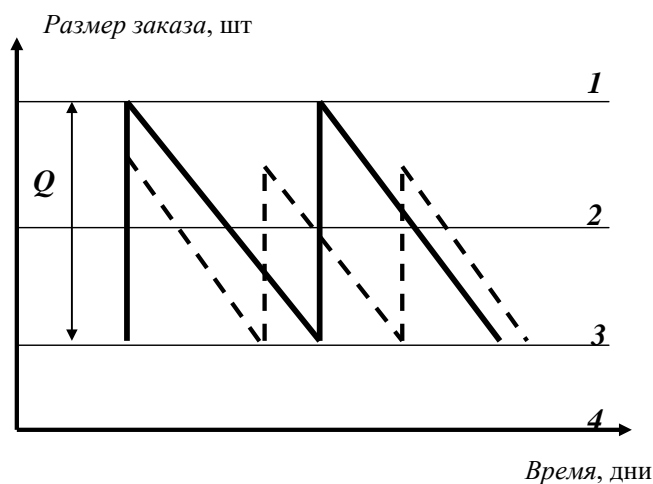
Обязательной составляющей управления запасами запасных частей и материалов является оптимизация их объема, периодичности пополнения и издержек на хранение. Для управления запасами используются различные экономико-математические модели. Регулируемыми величинами здесь являются:

- годовая потребность в запасных частях и материалах в стоимостном выражении,  $V$ ;
- издержки, связанные с оформлением, получением и доставкой заказов,  $S$ ;
- издержки по хранению единицы запаса,  $C$ .

Если заказать и доставить одновременно всю годовую потребность в запасных частях и материалах, то стоимость оформления, получения и доставки заказа  $S$  будет минимальна, а затраты, связанные с хранением  $C$  – максимальны. Это не самое оптимальное решение. В инженерной практике стандартный размер запаса запчастей  $Q$  вычисляется по выражению:

$$Q = \sqrt{\frac{2VS}{C}}. \quad (1)$$

Схема распределения запасов запасных частей и материалов представлена на рис. 1. Значения, подсчитанные по формуле (1), корректируются исходя из особенностей места расположения автопредприятия, от уровня организации (механизации и автоматизации) складского хозяйства; от организации доставки запаса. Например, может быть экономически выгодна закупка и хранение запасных частей и материалов на три четверти от максимальной потребности или какое-то иное количество.



**Рис. 1. Схема распределения запасов запасных частей и материалов:**  
 1 – максимальный; 2 – средний; 3 – минимальный; 4 – нулевой  
 — — при максимальном заказе, - - - — при заказе в 3/4 от максимального

Для хранения и складирования запасных частей, автомобильных шин, аккумуляторных батарей (АКБ) и материалов в АТП (СТОА) должно быть не менее двух складов – универсальный основной материальный склад и специализированный склад. Кроме того, обязателен промежуточный склад запасных частей и материалов, включающий в себя инструментально-раздаточную кладовую. Промежуточный склад и инструментальная кладовая предназначены для хранения и выдачи запасных частей и инструментов, а режим их работы

полностью совпадает с режимом работы производственных служб АТП (например, основной склад работает в одну смену, а промежуточный – в две смены синхронно с работой технологических зон и участков). Кроме того, около зоны текущего ремонта размещается склад оборотных агрегатов (оборотный склад), который содержит агрегаты для агрегатного ремонта автомобиля.

УДК 629.113

Ю.В. ШАПКИНА

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЫНКА АВТОСЕРВИСНЫХ УСЛУГ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В числе важнейших принципов успешной деятельности предприятий, осуществляющих автосервисное обслуживание в условиях рынка, является изучение и возможно более полное удовлетворение потребностей имеющейся и потенциальной клиентуры.

В качестве широко используемых на сегодняшний день методов исследования, вследствие своей относительной простоты, широко используются наблюдение, опрос и эксперимент. Основные принципы успешного изучения потребностей потребителей и соответствующего использования предприятием своих производственных ресурсов приведены на рис. 1.



Рис. 1. Принципы успешного изучения потребностей потребителей

Принципом успешной деятельности автосервисных предприятий на рынке является разработка системы мер воздействия на рынок, на потребительский спрос (с учетом имеющихся материальных ресурсов и перспектив), на прибыль.



Руководство станций технического обслуживания автомобилей (СТОА) должно рассматривать изучение потребностей, клиентуры как основу планирования и управления, как возможность через организацию рассматриваемой системы сделать процесс предоставления сервисных услуг управляемым.

УДК 629.113

А.Б. САЛТЫСЮК, В.А. ШАПКИН, Ю.В. ШАПКИНА

## **ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСЛУГ АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Формирование и оценка показателей, определяющих эффективность предоставления услуг автосервисными предприятиями, проводилась на основе использования математических методик. В качестве экспертов выступали клиенты станций технического обслуживания автомобилей (СТОА).

Полученные результаты позволили изучить предпочтения автовладельцев, обращающихся либо на соответствующие СТОА (дилерские, независимые, частные мастерские), либо проводящих самостоятельное выполнение различных видов ремонтных работ. Ниже представлены диаграммы результатов проведенного исследования (табл. 1).

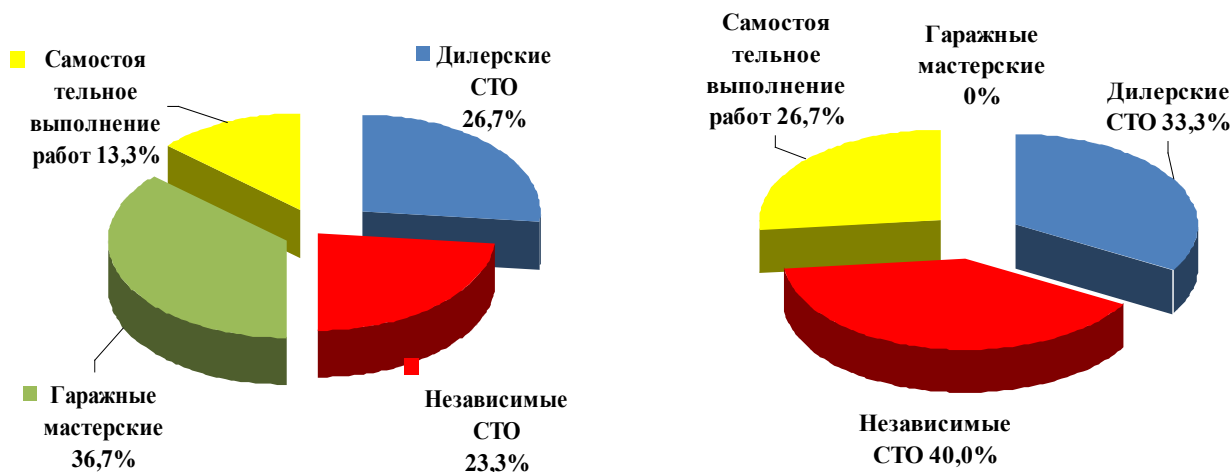
*Таблица 1*

**Предпочтения владельцев автомобилей отечественного производства (иностранного производства) по обслуживанию и ремонту автомобилей**

Виды работ	Доля обращений на СТОА (%) - самостоятельное выполнение работ			
	Дилерские СТОА	Независимые СТОА	Гаражные мастерские	Самост. выполн. работ
Техническое обслуживание	7,1 (33,3)	1,1 (43,3)	14 (0)	90,4 (23,3)
Регулировка УУК	26,7 (33,3)	23,3 (40)	36,7 (26,7)	13,3 (0)
Ремонт подвески	7,1 (30)	6,4 (23,3)	17,0 (25)	68,6 (21,7)
Ремонт ТС и РУ	7,1 (20)	5 (24)	17,1 (34)	70,7 (22)
Диагностика и ремонт ЭСУД	25 (56,7)	6,3 (31,7)	25 (0)	43,8 (11,7)
Ремонт двигателя и трансмиссии	14,3 (16,7)	7,1 (49,2)	35,7 (12,5)	42,9 (21,7)
Электротехнические работы	7,7 (16,7)	3,8 (37,5)	15,8 (15,8)	72,7 (30)
Кузовные и малярные работы	15,4 (0)	20 (68,3)	44,6 (31,7)	20 (0)
Шиномонтаж и балансировка	0 (0)	21,3 (26,7)	62,7 (73,3)	16 (0)
Прочие виды работ	0 (16,7)	0 (16,7)	17 (33,3)	83 (33,3)

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что большинство технически несложных работ (например, по техническому обслуживанию (ТО), ремонту подвески и пр.) владельцы отечественных автомобилей предпочитают выполнять самостоятельно, что объясняется относительно невысокой сложностью конструкции этих автомобилей. В свою очередь, владельцы автомобилей зарубежного производства выполняют работы по ТО и ремонту на дилерских станциях и других СТОА с правами гарантийного обслуживания. В

послегарантийный период предпочитают обслуживать автомобили там же. Высокая доля предпочтений независимых СТОА вызвана наличием в выборке подержанных иномарок, владельцы которых предпочитают данные станции дилерским из-за относительно невысокой стоимости работ. На рис. 1 для примера представлено предпочтение автомобилистов при необходимости регулировочных работ по углам установки управляемых колес автомобилей.



**Рис. 1. Предпочтения владельцев автомобилей отечественного производства (слева) и зарубежного производства (справа) при проведении работ по регулировке углов установки управляемых колес**

Как следует из рис. 1, при необходимости выполнения технически сложных работ, требующих наличия определенного технологического оборудования (например, работ по регулировке углов установки управляемых колес), наблюдаются примерно равные доли предпочтений различных СТОА у владельцев отечественных и импортных автомобилей (рис. 1).

Проведен также мониторинг качества работ по ТО и ремонту автомобилей, выполняемых в различных условиях. Полученные данные позволяют сделать вывод о лучшем качестве работ, проводимых на дилерских и независимых СТОА. Разница в оценках между независимыми и дилерскими СТОА невелика и находится в пределах погрешности измерений. В свою очередь, разрыв между указанными и частными мастерскими достаточно велик, что объясняется наличием на дилерских и независимых СТОА лучшего технологического оборудования, более высокой квалификацией ремонтно-обслуживающего персонала и технологической дисциплины.

УДК 629.113

Ю.В. ШАПКИНА, Н.А. КУЗЬМИН

## **ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСЛУГ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Определение показателей, характеризующих эффективность предоставления услуг станциями технического обслуживания автомобилей (СТОА), проводилось методом приближенной оценки групп показателей. Далее представлены результаты определения расчетных удельных весов показателей через балльные и ранговые оценки (табл. 1), наиболее значимые из которых имеют наибольший удельный вес.

Таблица 1

## Бальные и ранговые оценки показателей эффективности услуг СТО

Наименование показателей	Вес (баллы)	Вес (ранги)
Высокая скорость выполнения работ	0,106	0,16
Удобство режима работы	0,115	0,2
Квалификация персонала	0,113	0,18
Гарантия на работы	0,113	0,18
Стоимость ремонтных работ	0,111	0,13
Спектр услуг	0,113	0,18
Вежливость персонала	0,107	0,18
Наличие запчастей	0,11	0,11
Техническая оснащенность	0,112	0,16

Сравнительный анализ их весомости бальных и ранговых оценок услуг СТОА можно провести с помощью диаграммы на рис. 1.

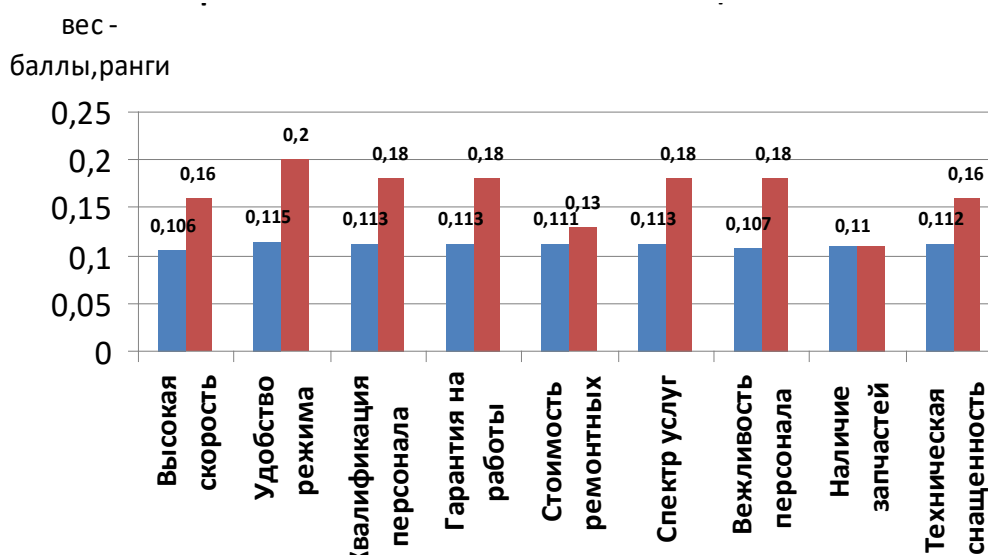


Рис. 1. Сравнительный анализ весомости оценок показателей

Полученные результаты говорят об адекватности весовой оценки показателей, проводимой как с помощью бальной, так и ранговой оценки. Данный метод является приближенной оценкой групп показателей, определяющих эффективность предоставления услуг предприятиями автосервиса.

УДК 629.113

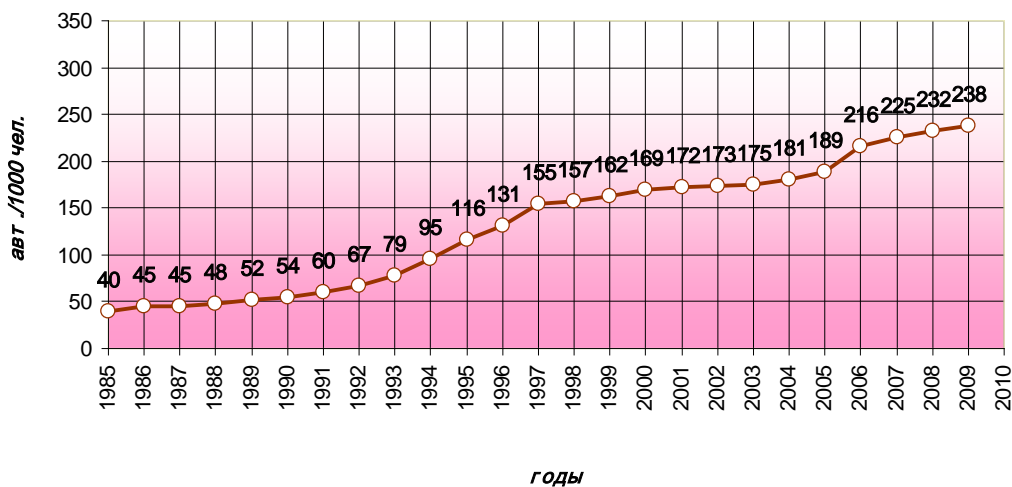
А.А. ЗАБОТИН, В.А. ШАПКИН, Ю.В. ШАПКИНА

### АНАЛИЗ ПАРКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В НИЖНЕМ НОВГОРОДЕ И ОБЛАСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последнее десятилетие резко выросли темпы развития отрасли автомобильного транспорта России. В настоящее время многие автотранспортные и автообслуживающие предприятия вынуждены работать в принципиально новых условиях взаимоотношений с конечными потребителями услуг.

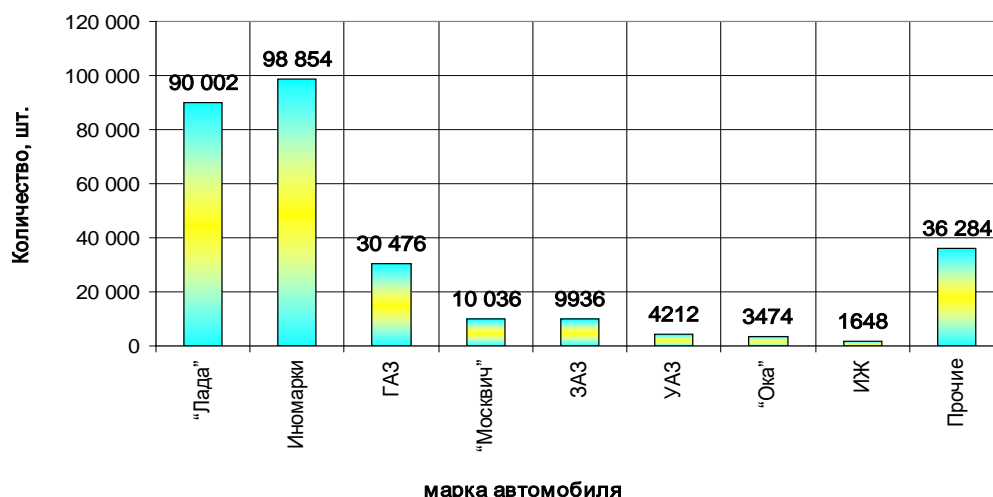
Основную роль в высоких темпах развития отрасли играет интенсивный рост автомобильного парка России и крупных городов. Самый высокий прирост наблюдается в крупных мегаполисах – в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде (рис. 1).



**Рис. 1. Динамика роста парка автомобилей в Нижнем Новгороде**

Несмотря на интенсивное изменение структуры и численности парка средний возраст автомобилей в целом по России составляет приблизительно 10,8 года. Следует отметить, что данный источник (данные ГИБДД), содержит данные о регистрационных действиях с автомобилями, не учитывающие их техническое состояние. Поэтому получение реальной информации о структуре и возрасте парка России вообще и Нижнего Новгорода, в частности, является практически невыполнимой задачей.

Тем не менее, согласно статистическим данным основу автомобильного парка Нижнего Новгорода составляют автомобили 5-10 летнего возраста (36 %), практически столько же автомобилей в возрасте 10-20 лет (31%). Автомобилей моложе 5 лет – около 26%, старше 20 лет – 7%. Доля легковых автомобилей иностранного и отечественного производства на конец 2009 г. составляет 26,6%, несмотря на субъективное представление об относительно большом количестве иномарок в верхней части Нижнего Новгорода



**Рис. 2. Структура парка легковых автомобилей города Нижнего Новгорода на конец 2009 года**

Структура парка легковых автомобилей города Нижнего Новгорода на конец 2009 года показана на рис. 2. Аналитическое агентство «АВТОСТАТ» провело исследование структуры автомобильных парков по городам России, на основании полученных данных построена диаграмма на рис. 3.

При этом следует особо обратить внимание на увеличение доли переднеприводных автомобилей производства ОАО АВТОВАЗ, оборудованных электронной системой управления двигателем.

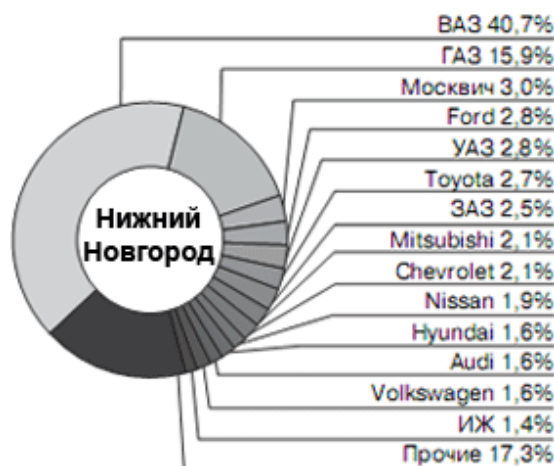


Рис. 3. Количество и структура парка легковых автомобилей Нижнего Новгорода

Приведенные темпы изменения общего количества и структуры парка легковых автомобилей предъявляют особые, более жесткие требования к культуре их обслуживания и ремонта, квалификации ремонтного персонала, подходам и реализации новых принципов предоставления автосервисных услуг и взаимодействию с потребителем.

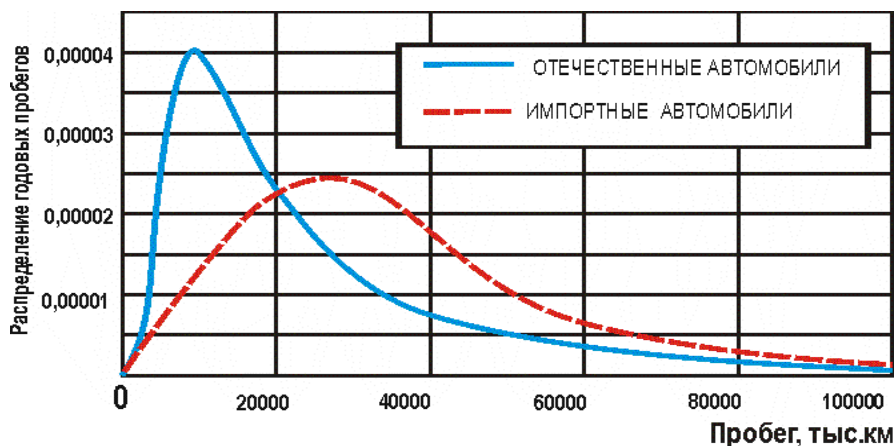
УДК 629.113

А.Б. САЛТЫСЮК, А.А. ЗАБОТИН, В.А. ШАПКИН, Н.А. КУЗЬМИН

### СБОР И ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СПРОСА НА УСЛУГИ СТОА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С целью анализа эффективности функционирования предприятия, выполняющего обслуживание и ремонт автомобилей, необходима оценка показателей, характеризующих спрос на автосервисные услуги, осуществляемая на основе сбора и обработки соответствующей информации по периодам года в режиме реального времени.



$$L_r^{\text{отеч}} = 18,6 \text{ ТТЫС.К} \quad \sigma(L_r^{\text{отеч}}) = 16,7 \text{ ТТЫС.К}$$

$$L_r^{\text{имп}} = 31,9 \text{ ТТЫС.К} \quad \sigma(L_r^{\text{имп}}) = 16,7 \text{ ТТЫС.К}$$

Рис. 1. Распределение годовых пробегов автомобилей клиентуры рассматриваемых предприятий

Данная работа проводилась с целью анализа колебаний рассматриваемых показателей, как по сезону, так и в течение рассматриваемого периода. На начальном этапе сбора информации по показателям, характеризующим спрос, производится изучение характеристик интенсивности эксплуатации автомобилей клиентуры рассматриваемой станции технического обслуживания автомобилей (СТОА).

В на рис. 1-3 приведены полученные в результате проведения исследований характеристики интенсивности эксплуатации автомобилей клиентуры СТО.

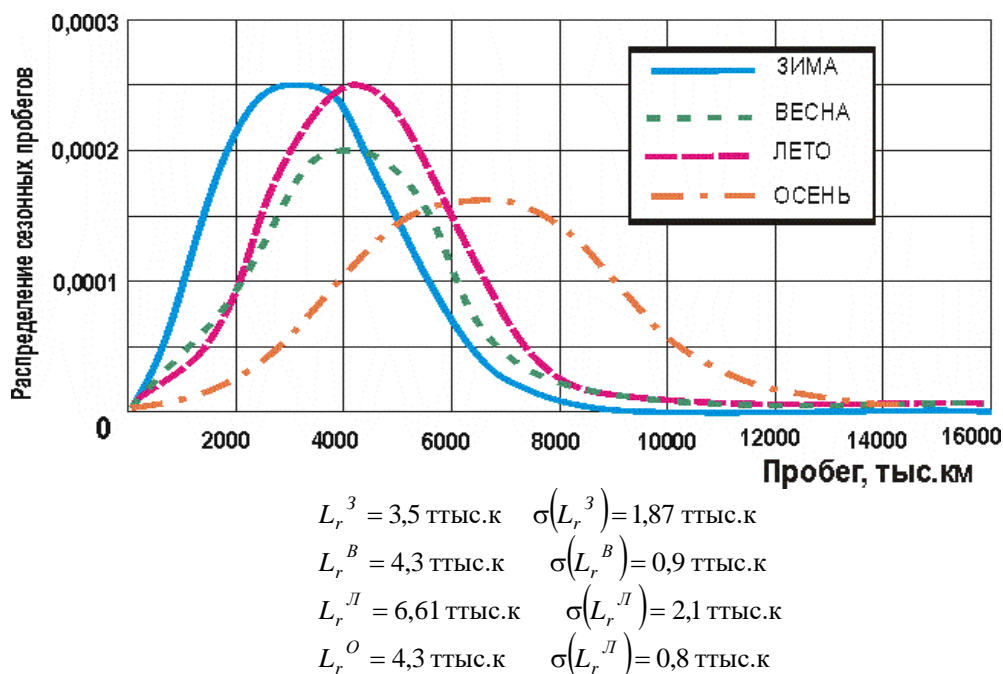


Рис. 2. Распределение сезонных пробегов автомобилей клиентуры (автомобили отечественного производства)

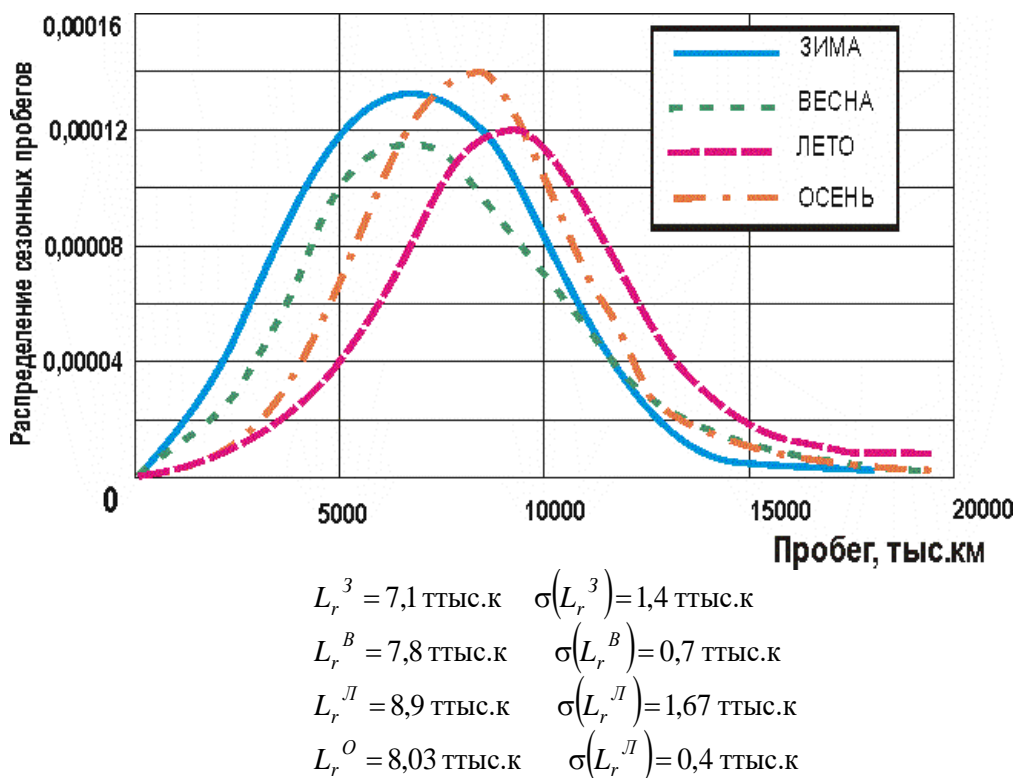


Рис. 3. Распределение сезонных пробегов автомобилей клиентуры (автомобили зарубежного производства)

Из представленных данных следует, что основными клиентами рассматриваемого предприятия являются владельцы отечественных и зарубежных автомобилей, находящихся как в «первых», так и во «вторых» руках, о чем говорит высокая вариация пробега на момент покупки.

Отечественные автомобили, в свою очередь, эксплуатируются менее интенсивно, о чем говорит более низкий средний годовой пробег (рис. 1), и менее равномерный по сезонам (рис. 2), чем у автомобилей иностранного производства (рис. 3). При этом разброс средних значений годового пробега гораздо больше у отечественных автомобилей, что говорит о разной квалификации водителей и разном техническом состоянии автомобилей, попавших в выборку.

УДК 629.113

В.А. ШАПКИН, А.А. КОШУРИНА, А.В. ТУМАСОВ, М.С. КРАШЕНИННИКОВ

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

По данным ООН в период 1989–1999 гг. в дорожно-транспортных происшествиях в мире погибало около 500 тыс. человек в год; в настоящее время [3] в мире от ДТП погибают 1,2 млн человек, и 50 млн - получают травмы. По прогнозам, если не будут приняты эффективные меры, смертность и инвалидность в мире от ДТП возрастут к 2020 г. на 67%. В 2005 г. на Президиуме Госсовета РФ была рассмотрена обстановка, сложившаяся на российских дорогах. Руководством страны было отмечено, что «масштабы травматизма в результате дорожно-транспортных происшествий приобрели характер угрозы национальной безопасности». Отмечено, что в России, несмотря на предпринятые после 2005 г. организационные мероприятия и затраченные материальные ресурсы, масштабы аварийности, дорожного травматизма и смертности снижаются недопустимо медленно.

На сегодняшний день наказание за нарушение ПДД по существу не представляет для водителя большой опасности, а существующие способы контроля за соблюдением ПДД являются предупредительно-карательными. Ужесточение мер наказания, планируемые к 2012 году, в целях повышения ответственности водителей, а также уменьшение количества опасных для человека ситуаций на дороге, может являться только одной из составляющих частей плана по снижению уровня аварийности.

Из наиболее частых нарушений ПДД к рассмотрению была выбрана проблема превышения скорости, приводящая в своей совокупности с рядом сопутствующих нарушений к различного рода ДТП. Человек в статистическом большинстве случаев способен управлять машиной безопасно для себя и для окружающих, адекватно реагируя на ситуацию на дороге, лишь при вполне определенной скорости движения, принятой на сегодняшний день равной 60 км/час. Факт того, что нарушение ПДД даже одним водителем подвергает опасности всех окружающих, и то, что наличие нарушений на данном этапе трудноискоренимо, приводит к необходимости ограничения скорости передвижения транспорта технически.

Предлагается в уже созданные машины встроить дополнительный, следящий за скоростью движения элемент, работающий импульсно, по принципу: превышение скорости - срабатывание следящего датчика - принудительное снижение скорости (в крайнем случае, остановка двигателя) - передача сигнала от следящего устройства в ГИБДД о факте нарушения, вместе со всеми данными автомобиля, включая его координаты.

Несомненным преимуществом внедрения подобного пассивно следящего элемента в каждый автомобиль будет являться снижение уровня аварийности на дорогах. Основная сложность заключается в повсеместном внедрении. Уровень же денежных затрат вполне сопоставим с положительным эффектом от внедрения и объемом решаемых при этом задач. К тому же в отличие от всякого рода следящих видео систем данный элемент позволит не только сразу же отследить нарушителя вне зависимости от его месторасположения, но и сразу же предпринять определенные действия, направленные на обеспечение безопасности.

УДК 629.113.07

Е.В. БАРАНОВА, Ю.И. МОЛЕВ

## **АНАЛИЗ СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫНУЖДЕННЫХ МАНЕВРОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы рынок автомобильных перевозок (в том числе и частных) находится в стадии непрерывного роста. Растет количество автомобилей на дорогах, парк которых в Российской Федерации за последние 10 лет увеличился почти в два раза и достиг 40 млн транспортных средств, из них 8-10% выходит на дороги ежедневно.

Отрицательной особенностью развития автомобильного транспорта является повышение количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Ущерб от ДТП оценивается в 2-4% от валового национального дохода, поэтому повышение безопасности дорожного движения является актуальной научной задачей.

ДТП происходят по причине возникновения аварийных ситуаций, определение которых дано в пункте 1.2 правил дорожного движения РФ. Отличительной особенностью создания аварийных ситуаций является наличие (или отсутствие) маневра. Маневры бывают заранее спланированные и вынужденные. К вынужденным относятся те маневры, которые выполняет водитель в зависимости от изменения дорожной обстановки. Чем меньше таких маневров выполняется на единицу длины пробега транспортного средства, тем выше безопасность дорожного движения.

При движении по улице Минина (г. Нижний Новгород) вынужденными маневрами транспортного средства являются объезды припаркованных автомобилей и автобусов на автобусных остановках в дневное время, а в вечернее – обгон транспортных средств. Кроме того, имеется светофор на пересечении с улицей Фрунзе. Длина улицы Минина составляет 1,8 км. Среднее количество маневров на данном участке дороги составляет 3 объезда, 4 обгона, 10 торможений. Количество ДТП на данной улице – 55 в год. Интенсивность движения 10 тыс. автомобилей в день или 3650 тыс. автомобилей в год. Суммарный пробег автомобилей 6570 тыс. км. или одно ДТП на 119,5 тыс. км. Соответственно на 1128 тыс. маневров приходится одно ДТП.

Рядом с улицей Минина находится улица Б.Печерская протяженностью 1,5 км. Интенсивность движения последней составляет 12 тыс. автомобилей в день или 4380 тыс. автомобилей в год. Количество ДТП на улице Б.Печерская – 30. Суммарный пробег автомобилей 7884 тыс. км. в год или одно ДТП на 240 тыс. км. пробега. Т.е. количество маневров на улице Б.Печерская примерно в 2 раза меньше, поэтому количество ДТП меньше.

Таким образом, полученная методика позволяет оценить уровень безопасности дорожного движения на любой улице города Нижнего Новгорода, определить наиболее небезопасные улицы и наметить комплекс мероприятий по повышению безопасности дорожного движения методом сокращения количества вынужденных маневров.



## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ, ВЫПУСКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Готовность и степень использования парка подвижного состава АТП оценивается с помощью коэффициентов: готовности ( $\alpha_T$ ), выпуска ( $\alpha_B$ ) и использования ( $\alpha_{И}$ ):

$$\alpha_T = \frac{АД_{ГЭ}}{АД_{И}}, \quad \alpha_B = \frac{АД_{Э}}{АД_{И} - АД_{Н}} = \frac{АД_{Э}}{АД_{Ф}}, \quad \alpha_{И} = \frac{АД_{Э}}{АД_{И}},$$

где  $АД_{ГЭ}$  - автомобиле-дни, годные к эксплуатации;  $АД_{И}$  - автомобиле-дни инвентарные (календарные);  $АД_{Э}$  - автомобиле-дни в эксплуатации;  $АД_{Н}$  - автомобиле-дни нормированного простоя (выходные и т.д.) и  $АД_{Ф} = АД_{И} - АД_{Н}$  - автомобиле-дни фонда рабочего времени.

Все эти три коэффициента могут быть представлены в виде:

$$\alpha' = \frac{АД_{Э}}{АД_{Э} + АД_{П}} \quad \text{или} \quad \alpha' = \frac{1}{1 + \frac{АД_{П}}{АД_{Э}}},$$

где  $АД_{П}$  - дни какого-либо простоя автомобиля;  $АД_{Э}$  - дни эксплуатации автомобиля.

Принимая для одного автомобиля  $Д_{П} = Д_{Э} l_{CC} d_{П}$ , получим

$$\alpha' = \frac{1}{1 + l_{CC} d_{П}},$$

где  $l_{CC}$  - среднесуточный пробег (средний пробег автомобиля за сутки), км;  $d_{П}$  - удельный простой автомобиля, определяющий уменьшение его пробега.

Среднесуточный пробег автомобиля, или средний пробег автомобиля за день работы, может быть выражен как

$$l_{CC} = \frac{l_{ег}}{\beta} z_{Н}.$$

Принимая при этом  $z_{Н} = \frac{T_{Н}}{t'_e}$  и  $t'_e = \frac{l_{ег}}{v_T \beta} + t_{П-р}$ , получим  $l_{CC} = \frac{T_{Н} l_{ег} v_T}{l_{ег} + t_{П-р} v_T \beta}$  км.,

где  $l_{ег}$  - средний пробег с грузом за езду;  $\beta$  - коэффициент использования пробега за смену;  $z_{Н}$  - среднее число ездов за смену;  $T_{Н}$  - среднее время в наряде;  $t'_e$  - время ездки с учетом нулевого пробега;  $v_T$  - средняя техническая скорость движения;  $t_{П-р}$  - среднее время простоя под погрузкой и разгрузкой.

Тогда

$$\alpha' = \frac{1}{1 + \frac{T_{Н} l_{ег} v_T d_{П}}{l_{ег} + t_{П-р} v_T \beta}}.$$

Полученное выражение показывает, что все три коэффициента зависят от показателей, характеризующих транспортный процесс ( $l_{ег}$ ,  $v_T$ ,  $\beta$ ,  $t_{П-р}$ ), а также от принятого режима работы парка подвижного состава и организации ремонтно-профилактических мероприятий на автотранспортном предприятии. Эти коэффициенты отличаются между собой только значением  $d_{П}$  и обычно по своей величине располагаются в такой последовательности:

$$\alpha_T > \alpha_B > \alpha_{II}.$$

При расчете коэффициента технической готовности  $\alpha_T$  в удельный простой  $d_{II}$  включаются только простои в ремонте и в техническом обслуживании, проводимом в рабочее время парка; для расчета коэффициента выпуска  $\alpha_B$  уже включены и простои готовых к эксплуатации автомобилей в дни нормированного простоя парка по установленному для него режиму, а при расчете коэффициента использования подвижного состава  $\alpha_{II}$  включают дополнительно и простои автомобилей по эксплуатационным причинам. При работе подвижного состава по непрерывной неделе коэффициенты  $\alpha_B$  и  $\alpha_{II}$  могут быть равны между собой.

На рис. 1 показан характер изменения этих коэффициентов от различных факторов.

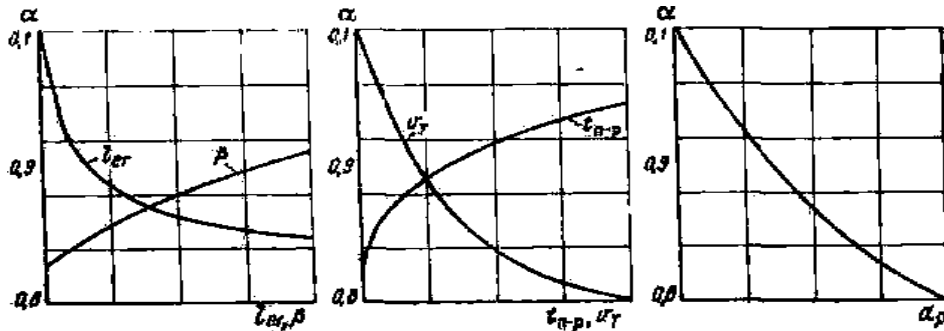


Рис. 1 Характер изменения коэффициентов готовности и использования парка от эксплуатационных факторов

Чем больше значения  $l_{egr}$  и  $v_T$ , тем меньше величина коэффициентов; с увеличением значений  $t_{п-р}$  и  $\beta$  величина коэффициентов повышается.

Это происходит потому, что при увеличении  $l_{egr}$  и  $v_T$ , а также при уменьшении  $t_{п-р}$  и  $\beta$  пробег автомобиля за рабочий день возрастает, а вместе с тем возрастает и простой автомобиля, приходящийся на каждый день работы при неизменной величине  $d_{II}$ . Таким образом, коэффициенты технической готовности, выпуска и использования подвижного состава для разных условий работы будут различны.

УДК 629.113: 621.926

С.И. БОБОЧКОВ, Л.Г. ЛАВРОВ

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБОЙ АВТОПРЕДПРИЯТИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Производственно-техническая служба автотранспортного предприятия (ПТС АТП) является сложной многоуровневой системой и, по определению теории больших систем управления, относится к классу "больших систем". Подавляющее количество протекающих в этой системе процессов являются вероятностными и подвержены воздействию самых различных по своему характеру случайных факторов, подчиненных различным законам распределения. Это приводит к тому, что использование чисто аналитических методов для анализа и оптимизации протекающих в этой системе процессов и закономерностей управления ими оказываются слишком громоздкими и трудоемкими.

Одним из реальных путей решения проблемы является разработка экономико-математических имитационных компьютерных программ. С этой целью нами разработан ряд таких программ.

Программа **MTSMA** моделирует работу ПТС АТП в целом. В начале работы программа создает парк автомобилей заданной численности и с заданными статистическими характеристиками. Затем на каждый день работы по каждому автомобилю генерируются по выбранным законам распределения суточная наработка, техническое состояние на конец каждого дня и возникновение потребности в том или ином виде технического воздействия. По каждому автомобилю моделируется процесс этого воздействия и время на его выполнение. Моделирование протекает на заданном интервале времени с разбивкой интервала на подинтервалы с целью учета тренда средних значений отдельных параметров. В конце работы программа выполняет статистическую обработку полученных результатов и производит их вывод на печать.

Программы **KONV1** и **KONV2** моделируют работу конвейерных линий с заданным числом постов по выполнению операций ТО-1 и ТО-2. В этом случае моделируется работа поточных линий с одновременным (**KONV1**) и независимым (**KONV2**) перемещением автомобилей с поста на пост.

Программа **MDOTK** моделирует поток отказов с определением вида требуемого для их устранения воздействия (текущий или заявочный ремонт) и требуемой его продолжительности. Число постов по каждому виду воздействий задается в исходных данных. В случае возникновения потребности в капитальном ремонте программа **MODKR** генерирует случайные значения времени на доставку и выполнение ремонта на авторемзаводе и момент возврата его в АТП.

Программа **ОРТАГ** позволяет оптимизировать количество необходимых для выполнения текущих ремонтов оборотных агрегатов на складе АТП. В качестве критерия оптимальности принят минимум потерь от хранения агрегатов всех наименований и простоев автомобилей, если нужный агрегат на складе отсутствует.

Программа **МТКОР** включает в себя описанные программы в виде подпрограмм и позволяет дополнительно к результатам работы программы **MTSMA** получить информацию о достаточности и степени загрузки заданного в исходных данных технологического оборудования (постов, поточных линий).

Статистическая обработка в обоих случаях выполняется подпрограммами **STAT1** и **STAT2**.

Описанные программы включены в раздел 5 – “Задачи по оптимизации и управлению надежностью и техническим состоянием транспортных средств” созданного на кафедре “Пакета программ по коммерческой и технической эксплуатации автомобилей и транспортной логистике”.

УДК 621.431.73

Н.А. ТУМАСОВА, В.В. ЗЕЛЕНЦОВ, В.Н. КРАВЧЕНКО, Н.П. БУЗЫНИН

### **К ВОПРОСУ ВЫБОРА ДИАМЕТРА И ШАГА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СОСТАВНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПАНЕЛЕЙ КУЗОВОВ И КАБИН**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Величина силы, действующей на панель кузова, как правило, не перпендикулярна касательной криволинейной поверхности детали. Она может быть разложена на вертикальную составляющую и боковую, перпендикулярную вертикальной. В последнем случае мы имеем боковую силу, аналогичную силе сжатия продольного элемента кузова, нагружение этого элемента будет аналогично нагружению сжатого стержня продольной нагрузкой.

По формуле Л. Эйлера напряжение в сжатом стержне любого поперечного сечения можно определить по выражению

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{l^2}, \quad (1)$$

где  $P_{кр}$  – критическая величина нагрузки для стержня или выделенного элемента продольного сечения панели кузова;  $\pi=3,1415$ ;  $E$  – модуль продольной упругости материала (стали);  $J$  – момент инерции сечения сопротивления сжатию элемента панели;  $l$  – длина стержня или выделенного элемента панели кузова.

На основании изложенного, при выборе «швов точечной сварки» площадь контактного пятна сварки  $d$  следует выбирать с наименьшим экономически обоснованным шагом  $(l+d)$ , обеспечив требуемую площадь сварного соединения для  $n$  точек сварки

$$\Sigma_{(F \cdot n)} = F_{\Sigma}, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь контакта одной «сварной точки»;  $n$  – количество сварных точек;  $F_{\Sigma}$  – требуемая (по условиям прочности) суммарная площадь контакта.

При увеличении точек контактной сварки на кузовной панели существенно уменьшится теплорассеивание в зоне сварки, как это обусловлено критерием Био (Bi):

$$Bi \equiv \frac{\alpha d}{\lambda}, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от «сварочной точки» (сварочного пятна) к металлу панели в окружности участка сварки;  $d$  – диаметр точки сварки;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала кузовной панели.

Последнее выражение не учитывает теплоотдачу в воздух от поверхности панели, которая для данных условий сварки составляет 3...5%, что должно быть компенсировано запасом мощности установки типа «сварочные клещи». Для болтовых креплений деталей типа «оболочки»: головок цилиндров, поддонов картеров, крышек клапанных коробок действует правило, аналогичное выражению (2).

УДК 621.431.73

А.А. ПИКУЛЬКИН, В.В. ЗЕЛЕНЦОВ, Н.А. ТУМАСОВА

## **ЗАМЕДЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ СТАРЕНИЯ АГРЕГАТОВ И ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ УСЛОВИЙ ИХ НАГРУЖЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процессы старения деталей автомобильных агрегатов имеют непосредственную связь с условиями их нагружения, так как число циклов допустимого нагружения детали  $n_{доп}$  составляет 0,3..0,6 от числа циклов разрушения деталей  $n_p$  при знакопеременных нагрузках, а  $n_p$  определяется выражением

$$n_{p(t_i)} = \left( \frac{\sigma_B \frac{1}{k} \sqrt{R_0}}{k P_{тр(max)}} \right)^m = \left( \frac{\sigma_B \sqrt{R_0}}{k^2 P_{тр(max)}} \right)^m,$$

где  $n_{p(t_i)}$  – число циклов нагружения знакопеременной постоянной нагрузкой до разрушения детали при значении времени нагружения  $t_i$ ;  $\sigma_B$  – предел прочности материала детали;  $k$  – постоянная, характеризующая распределение неровностей по высоте в месте контакта сопрягаемых деталей;  $P_{тр(max)}$  – максимальная сила трения в паре ( $P_{тр(max)}=fP_{\psi}$ );  $P_{\psi}$  – максимальное давление в паре трения;  $f$  – коэффициент трения;  $m$  – показатель степени ( $m=8...12$ );  $R_0$  – вы-

сота микронеровности сопрягаемой детали (при  $t_i=t_0$ );  $h_0$  – высота микронеровности детали (при  $t_i=t_0$ ).

Для соединений удерживаемых затяжкой крепёжных изделий, где используются несколько точек крепления (головки блоков деталей, привалочные плоскости крышек распределенных шестерён ДВС, коробок перемены передач, передних крыльев грузовых и легковых автомобилей) следует стремиться к выравниванию значений величин  $P_\psi$  для различных точек крепления. Так, инерционные силы, действующие на болты крепления нижней головки шатуна ДВС или на болты крепления передних крыльев автомобилей типа «ГАЗель» или «Валдай», должны учитываться при выборе мест фиксации и закрепления сопрягаемых деталей. Если невозможно переместить оси размещения крепёжных изделий, следует обеспечить разгрузку резьбовых соединений от действия боковых сил либо повышением прочности материала соединяемых деталей, либо введением в конструкцию деталей фиксирующих или центрирующих элементов в виде проточек, буртов, фасонных шайб, распределяющих нагрузку на большую площадь контакта и т.п. Для деталей ДВС возможно также ужесточение допусков на отверстия для размещения крепежа, упрочнения рабочих поверхностей, увеличение чистоты обработки.

Весьма существенную роль при этом играют как характер нагруженной поверхности детали, так и поверхностное упрочнение при штамповке.

УДК 621.431.73

А.А. ПИКУЛЬКИН, В.В. ЗЕЛЕНЦОВ, Н.А. ТУМАСОВА, Н.П. БУЗЫНИН

### **ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РАБОТОСПОСОБНОСТИ НОВЫХ И ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ДВС**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процессы старения открытых систем, к которым относятся автомобильные ДВС, определяет выражение

$$P_t = P(T > t),$$

где  $P_t$  – вероятность безотказной работы в течение заданного времени  $t$  (при  $t \sim L_{\text{авт}}$ );  $L$  – пробег автомобиля (км);  $T$  – случайная величина, равная времени наработки до отказа.

Вероятность отказа  $q(t)$  за время  $t_i$  определяют по формуле

$$q(t) = 1 - P(t) = P(T < t_i).$$

Таким образом, вероятность отказа  $q(t)$  за время  $t_i$  представляет собой интегральную функцию распределения случайной величины  $T$ .

Плотность распределения времени до отказа  $t_i$  дает производную

$$f(t_i) = \frac{dF(t_i)}{dt}.$$

Вероятность безотказной работы на протяжении времени наработки  $P(t_i)$

$$P(t_i) = \int_{t_i}^{\infty} f(t_i) dt.$$

Интенсивность отказа (вероятность отказа в единицу времени)  $\lambda$  подсчитывают по выражению

$$\lambda(t_i) = \frac{f(t_i)}{P(t_i)}.$$

Экспоненциальный закон распределения времени для безотказной работы автомобиля, агрегата, детали

$$P(t_i) = e^{-\lambda t}.$$

Обозначив  $\bar{P}_p = P(t_i)$ , получим выражение для потенциала работоспособности  $\bar{P}_p$ .

Проф. Н.Г. Мозохин и другие исследователи предложили следующее выражение для определения потенциала работоспособности ДВС по времени  $t_i$ :

$$\bar{P}_p = \frac{Ne(t_i)}{Ne(t_0)} = \frac{Pe(t_i) \cdot Ve \cdot n_{-1}}{Pe(t_0) \cdot Ve \cdot n_{-1}} = \frac{Pe(t_i)}{Pe(t_0)},$$

где  $Ne(t_i) = \frac{Pe(t_i) \cdot Ve \cdot n_{-1}}{225\tau}$ ;  $Ne(t_0) = \frac{Pe(t_0) \cdot Ve \cdot n_{-1}}{225\tau}$ ;  $Ve$  – литраж двигателя;  $n_{-1}$  – обороты в минуту;  $Pe(t_0)$  – среднее эффективное давление в цилиндрах нового (отремонтированного) ДВС;  $Pe(t_i)$  – то же при наработке ( $t_i$ ).

Увеличение ресурса деталей (запчастей), уменьшение коэффициента неравномерности температурных полей каждого из цилиндров « $K_{ц}$ » приводят к уменьшению перетекания газов в закольцевое пространство поршней, увеличивая значения  $Pe(t_i)$  для значений высоты  $H=\text{const}$  от верхней привалочной плоскости гильзы цилиндра.

УДК 621.431.73

А.А. ПИКУЛЬКИН, В.В. ЗЕЛЕНЦОВ, В.Н. КРАВЧЕНКО, М.Г. КОРЧАЖКИН

## **ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ НА СОСТАВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОТОРНОГО МАСЛА И ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ ЕГО ОЧИСТКИ В ДВС**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Формирование примесей в моторном масле связано как с его характеристиками, так и с условиями работы транспортного средства. Недостаточная вентиляция картера и понижение температуры его внутренних стенок ниже «точки росы» приводили к попаданию конденсированной из картерных газов воды в маслосборники транспортных ДВС.

При сгорании 1 кг топлива, например, имеющего химическую формулу  $C_nH_mO_2$ , для различных углеводородных составов современных бензинов образуется от 0,60 до 0,72 кг  $H_2O$ . Большая часть этой воды в парообразном состоянии удаляется системой выпуска отработавших газов. Однако от 1,5 до 3,0%  $H_2O$  через закольцевое пространство и уплотнение поршневых колец могут попадать в маслосборник в качестве части картерных газов и смешиваться с картерным маслом, впоследствии образуя перекиси. Перекиси через некоторое время распадаются на нейтральные основания и атомарный кислород, вследствие чего в маслосистеме ДВС образуются кислые и нейтральные продукты. Испытаниями, проведенными на АМФ НГТУ, установлено, что за один час работы двигателя при режиме номинальной мощности количество воды в картерных газах, задержанной холодильником-отстойником при работе на указанных режимах и 40% нагрузке, составляло для двигателей типа ЗМЗ-402 до 150 г за 24 часа работы и для ЗМЗ-511 до 240 г за аналогичное время. До 90% этой воды может удаляться из картера при повторных запусках и остановках двигателя, но  $\approx 10\%$  от указанного выше количества попадает в картерное масло. Это было подтверждено итогами качественного анализа отобранных из картеров двигателей проб масла. Аналогичные результаты были получены при анализах проб моторного масла двигателей МАН, устанавливаемых на автобусы «Икарус» при их эксплуатации на пассажирских маршрутах.

Разность плотностей загрязняющих масло примесей в смеси с моторным маслом при  $85^\circ\text{C}$  ( $q_m=0,88 \text{ г/см}^3$ ) составила: механических примесей  $0,65\dots 0,70 \text{ г/см}^3$ ; несгораемых частиц продуктов окисления  $3,4\dots 3,7 \text{ г/см}^3$ ; металлических частиц – продуктов износа деталей из цветных металлов  $2,0\dots 2,3 \text{ г/см}^3$ ; минеральных частиц, попавших в маслосистему вследствие недостаточной фильтрации воздуха,  $1,57\dots 1,63 \text{ г/см}^3$ ; продуктов износа деталей, изготовленных из сплавов железа,  $7,0\dots 7,1 \text{ г/см}^3$ .

Общее процентное содержание несгораемых частиц (золы) в пробах не превышало 0,03...0,06% от общего веса отобранных проб. Анализы были произведены в химической лаборатории городской станции Горьковской железной дороги.

Сравнительно небольшое количество механических примесей впоследствии позволило отказаться на большинстве двигателей ЗМЗ-V-8 от фильтров центробежной очистки (ФЦО), заменив их единым полнопоточным фильтром в системе смазки (х/д №2581) двигателей транспортных средств, работающих в условиях бездорожья (при содержании в пробах масла несгораемых примесей до 1,0...1,2%). Система двойной фильтрации для этих двигателей (фильтр тонкой очистки плюс ФЦО) была сохранена.

УДК 621.431.73

М.Г. КОРЧАЖКИН, В.В. ЗЕЛЕНЦОВ, А.А. ПИКУЛЬКИН, В.Н. КРАВЧЕНКО

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОЧИСТКИ МАСЛА ВО ВНУТРЕННИХ ПОЛОСТЯХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВС**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Использование фильтров центробежной очистки в маслосистемах ДВС не всегда целесообразно. Однако в первый период работы новых и отремонтированных двигателей наблюдалось ускоренное накопление в масле продуктов приработки деталей двигателей, плотность которых составляет до 2,9 г/см<sup>3</sup> для продуктов износа деталей из цветных металлов, до 7,6...7,8 г/см<sup>3</sup> для стальных и чугунных деталей. Центробежные фильтры всех видов, в том числе, и в полостях коленвалов, могут быть охарактеризованы величиной «фактора разделения», т.е. центробежной силой, действующей на частицы примесей, вращающихся вместе с маслом в полостях устройств центробежной очистки.

Центробежная сила, действующая на твердую частицу примесей в масле, подсчитана по выражению

$$C = \frac{G}{g} r \omega^2,$$

где  $G$  – вес частицы;  $r$  – радиус вращения;  $\omega$  – угловая скорость вращения;  $g$  – ускорение силы тяжести.

«Фактором разделения»  $j$  называют выражение  $j = \frac{r \omega^2}{g}$ , что определяет отношение ускорения центробежных сил вращающейся емкости к ускорению силы тяжести. В соответствии с законом Стокса

$$j = \frac{v_{ц}}{v_0},$$

где  $v_{ц}$  – скорость осаждения частицы в центробежном устройстве при фильтрации;  $v_0$  – скорость осаждения частицы в масле под действием силы тяжести  $g$ .

Очень большие значения ускорений  $j$  приводят к удалению из масла не только загрязняющих примесей, но и компонентов присадок, что отрицательно влияет на количество работы моторного масла, как это было установлено исследованиями, проведенными в НГТУ. Однако в полостях коленвалов при частоте вращения до  $n_{-1}$  не более 6000 в минуту и принятых величинах  $r$  критические значения  $j$  не достигаются, вследствие чего центробежная очистка масла при этих условиях не вызывает отрицательных явлений. Экспериментальные и расчетные исследования подтвердили эти факты.

## УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДВС УЛУЧШЕНИЕМ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ КАЧЕСТВА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из видов разрушающих напряжений для деталей ДВС являются усталостные. Они в значительной степени сокращают потенциал работоспособности конструкции  $\bar{P}_p$  и приводят к появлению отказов, снижают вероятность безотказной работы  $P(t_i)$  в течение заданного времени наработки  $t_i$ .

Для улучшения характеристик рабочих поверхностей необходимо учитывать коэффициент  $\beta_\sigma$ , определяемый по выражению

$$\beta_{(\sigma_{-1})} = \frac{\sigma'_{-1}}{\sigma_{-1}},$$

где  $\sigma'_{-1}$  – предел выносливости образцов с данным качеством поверхности;  $\sigma_{-1}$  – предел выносливости образцов, поверхности которых отремонтированы до  $h=0,003$  мм при трех проходах чистового полирования; при этом  $\beta_{(\sigma_{-1})}=1$  при возрастании нагрузок для степеней 35...40 для интервалов от 400 Н/мм<sup>2</sup>.

Для шлифования этот коэффициент по данным В. Кочаева («Расчеты на прочность», 1977) снижался на 10% при 1000 Н/мм<sup>2</sup> и на 15% при 1400 Н/мм<sup>2</sup>. Для тонкого точения снижение составило соответственно 20% и 30%, а для грубого точения – 28% и 40%.

Такое снижение прочности может быть объяснено увеличением микротрещин  $L_{м.т}$ , получившихся при обработке поверхностей до глубины  $L_{м.т} > L_{кр}$  (где  $L_{кр}$  – критическая глубина микротрещины, обеспечившая при  $L_{м.т} < L_{кр}$  условие самоликвидации трещины).

При величине  $L_{м.т} > L_{кр}$  микротрещины технологического происхождения будут служить «зародышами» образования усталостных трещин, что может явиться причиной снижения работоспособности детали.

На основании изложенного можно рекомендовать следующие меры по увеличению ресурса:

- выравнивание температурных напряжений для деталей, работающих в соответствующих сопряжениях;
- внедрение технологических процессов обработки поверхностей, имеющих 2...4 чистовых прохода;
- упрочнение поверхностей обрабатываемых рабочих поверхностей методами поверхностного пластического деформирования перед операциями суперфинишной обработки (как это имело место для двигателей Д-12 и ВАЗ-2106). Эффект упрочнения при этом оценивался коэффициентом

$$\beta_{упр} = \frac{\sigma_{-1 д.упр}}{\sigma_{-1 д}},$$

где  $\sigma_{-1 д.упр}$  – предел выносливости после упрочнения детали;  $\sigma_{-1 д}$  – предел выносливости материала детали до упрочнения.

Процессы поверхностного упрочнения методами ППД могут увеличить ресурс детали до 15...20%.



А.А. ПИКУЛЬКИН, В.В. ЗЕЛЕНЦОВ, М.Г. КОРЧАЖКИН, С.Б. БЛОХИН

## УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА ПАР ТРЕНИЯ В ТРАНСПОРТНЫХ ДВС СУЖЕНИЕМ ПОЛЯ ДОПУСКА В СИЛОВЫХ АГРЕГАТАХ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При комплектации пар трения при изготовлении и ремонте двигателей действуют так называемые «системы размерных групп». При этом годные детали распределяются по ремонтным группам в соответствии с «допустимыми полями допусков». Например, размеры отверстий в готовых деталях, поступающих на сборку, для двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 могут изменяться в пределах одной группы для  $D_{0,000}^{+0,030}$  мм. При этом даже при начальном допустимом зазоре  $\delta_0$  предельный износ отверстия составит  $D_j = [(h_n + h_{\max}) + D^{+0,030}]$  мм.

Если гарантированный ресурс при  $D_j$  составит 100% от времени наработки при  $D_{j_{\max}} = 0,008$ , то сужение первоначального допуска вдвое до величины  $D_{0,000}^{+0,0015}$  или  $D_{+0,015}^{+0,030}$  должно увеличить период гарантированного ресурса на величину 12...15% в соответствии с известными характеристиками кривых изнашивания. При этом период приработки продолжительностью  $(t_n - t_0)$  сократится на 5%; второй период равномерного изнашивания  $(t_k - t_n)$  увеличится на 10...12%, продолжительность третьего (критического) периода изнашивания  $(t_{\max} - t_k)$  останется неизменной.

Таким образом, суммарное время гарантированного ресурса составит  $t_i = t_I = t_{II} + t_{III}$ , где  $(t_n - t_0)$  – продолжительность первого периода приработки (период I);  $(t_k - t_n)$  – продолжительность периода изнашивания с равномерной скоростью (период II) от периода приработки (значение  $t_n$ ) до начала периода критического ускоренного изнашивания (при значении  $t_k$ );  $(t_{\max} - t_k)$  – продолжительность III периода, периода ускоренного критического изнашивания (значение максимального износа рабочей поверхности при продолжительности работы до величины  $t_{\max}$  остается неизменным).

При этом для кривых изнашивания рабочих поверхностей типа «отверстие»:

- значениям  $t_n$  соответствуют износы  $h_n$ ;
- значениям  $t_k$  соответствуют износы  $h_k$ ;
- значениям  $t_{\max}$  соответствуют износы  $h_{\max}$ .

В данной статье приведены данные о способах минимального увеличения ресурса пар трения без учета возможностей улучшения качества рабочих поверхностей деталей и упрочнения их материалов при восстановлении ДВС.

Обозначения периодов изнашивания приведены по классификации проф.

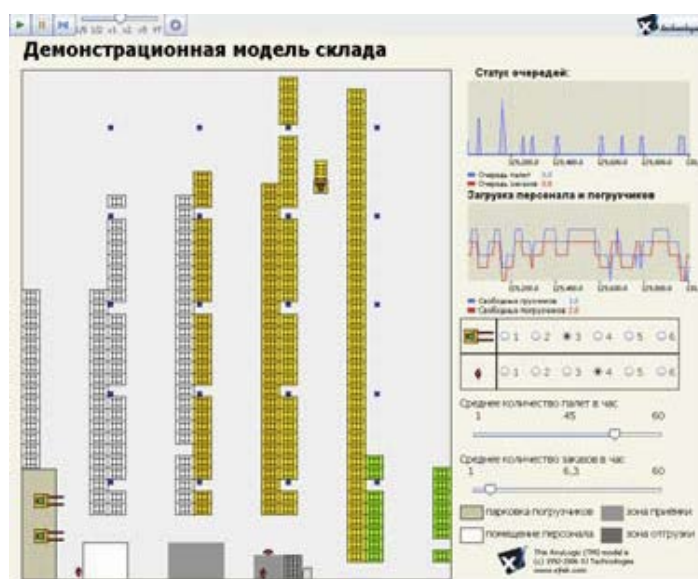
Л.В. Дехтеринского (МАДИ, Москва).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Транспортно-логистическая инфраструктура – это сложная система с нелинейной динамикой, огромным количеством параметров, временных и причинно-следственных связей. Для эффективного планирования и управления ею необходимо учитывать множество факторов, взаимовлияние которых далеко не всегда очевидно. При этом количество параметров, которые необходимо принимать во внимание, растет с увеличением глубины анализа.

В качестве инструментария при анализе таких систем часто используются математически простые вычисления (например, Excel), которые, безусловно, предоставляют некоторую статическую оценку, но не способны качественно учесть ни динамику развития событий, ни стохастическую составляющую. Например, подобный подход не даст ответа на такие вопросы: как изменятся грузопотоки при открытии логистических центров в других регионах; в какой момент времени какой объем грузов должен быть готов принять терминал, чтобы не потерять долю рынка. Ответы на эти вопросы нельзя получить, используя аналитически поверхностный подход. Выходом в подобной ситуации является использование имитационного моделирования, которое позволяет учитывать значительно больше факторов и их взаимосвязей, проанализировать поведение моделируемой системы во времени и оптимизировать ее параметры, что качественно сказывается на результатах оценки решений.



**Рис. 1.** Пример учебной модели «Склад», разработанной в среде Anylogic

Для решения поставленных задач был выбран прикладной пакет AnyLogic – отечественный профессиональный инструмент имитационного моделирования. Преимущество данного пакета в том, что использующийся в нем объектно-ориентированный подход позволяет простым и естественным образом организовать и представить структуру сложной системы. Кроме того, графическая среда моделирования AnyLogic поддерживает проектирование, разработку, документирование модели, выполнение компьютерных экспериментов с моделью, включая различные виды анализа – от анализа чувствительности до оптимизации параметров моделей относительно некоторого критерия. По утверждению самих

же разработчиков программы, их как нельзя лучше подходит для моделирования транспортных и логистических систем.

На кафедре «Автомобильный транспорт» ведется разработка пакета моделей по технической и коммерческой эксплуатации автомобиля и транспортной логистике в среде имитационного моделирования «Anylogic». Пакет содержит набор наиболее часто употребляемых задач, начиная от простых моделей склада и станции технического обслуживания до сложных моделей оптимизации и управления грузовыми складскими терминальными системами, грузовыми и пассажирскими автомобильными перевозками. Такой пакет может быть использован при проведении учебных занятий, научных исследований, а также в практической деятельности работниками автотранспортных предприятий.

УДК 629.113

А.А. ФЕЙГИН

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ, ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПО СОЗДАНИЮ, ВНЕДРЕНИЮ И ОБСЛУЖИВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ НА НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Перспективы создания автомобилей на нетрадиционных видах топлива не вызывают сомнений как минимум по двум причинам:

- снижение запасов углеводородного топлива при значительном росте энергопотребления;
- избавление от негативного влияния углеводородного топлива на экологию.

Одним из путей решения этих проблем является создание и внедрение водородных транспортных средств (ВТС).

В настоящее время эти транспортные средства созданы, но из-за ряда технических, экономических и организационных трудностей их применение ограничено.

К техническим трудностям относятся ограничения:

- по массе и габаритам, лимитирующим запас энергии на борту ТС (количество водорода), что снижает эксплуатационные характеристики ТС (пробег между заправками, пассажировместимость, грузоподъемность, затраты на тонно-километр и т.д.);
- повышенная взрывоопасность ВТС.

К экономическим ограничениям относятся:

- неконкурентная стоимость ВТС вследствие высоких цен на основные агрегаты ТС – аккумуляторные батареи и топливные элементы (ТЭ);
- высокие затраты на потребляемые водород и электроэнергию при достигнутой эффективности использования энергии.

Организационные трудности внедрения:

- отсутствие системных предложений по сферам, масштабам и механизмам продвижения ВТС как элемента развития транспортной системы;
- отсутствие повсеместно доступных центров обеспечения ВТС энергоресурсами;
- отсутствие стимулов для потребителей к переходу на ВТС;
- отсутствие инфраструктуры по организации ТО и Р ВТС.

### **Пути решения**

Технические ограничения могут быть в значительной мере преодолены за счёт имеющихся и проводимых разработок мирового уровня в областях:

- безопасных и технически приемлемых способов хранения (получения) водорода на борту ВТС;

- системного подхода к созданию и развитию транспортно-логических структур на базе ВТС.

Предполагаемый к использованию способ хранения водорода базируется на созданном безопасном водородном топливе (ВТ) с наиболее высоким из достигнутых показателем аккумуляции водорода (превышающим 6% от массы топлива), определяемого путём каталитического дегидрирования непосредственно на транспортном средстве. При этом отработанное ВТ, из которого выделен водород, многократно способно к последующему восстановлению (гидрированию) и дальнейшему использованию. В этом случае стоимость ВТ определяется в основном затратами на водород. Весьма существенно, что это топливо является нелетучей, трудновоспламеняемой, нетоксичной жидкостью, пригодной к использованию на существующем оборудовании автозаправочных комплексов после некоторой его доработки.

Необходимая инфраструктура обеспечения ВТС водородным топливом состоит из систем производства ВТ (локальных установок гидрирования отработанного ВТ) и заправок, доработанных под ВТ и осуществляющих как заправку ТС, так и сбор от них отработанного ВТ для последующего повторного использования.

Получение водорода, необходимого для гидрирования, требует затрат энергии. Часть этой энергии возможно получить на основе использования излишков энергии энергогенерирующих предприятий, образующихся вследствие сезонной, недельной и суточной цикличности потребления. Но при этом важно отметить, что при гидрировании выделяется большое количество тепла, и установки по производству ВТ могут быть использованы в качестве локальных теплогенерирующих центров, компенсирующих дефицит тепла в отдельных районах.

Преодоление экономических ограничений обеспечивается тем, что массогабаритные и ценовые характеристики ВТС после 2012–2015 гг. будут приближаться к показателям традиционных ТС.

Решение организационных проблем внедрения ВТС возможно путём поэтапного создания системы экологически чистого городского транспорта (СЭГТ).

Одним из перспективных с точки зрения удовлетворения заявленных для выбора опытных моделей ТС требований, является унифицированное семейство малотоннажных ВТС в виде модификаций микроавтобусов (на 12–14 пассажиров) и грузовиков (1,5 т) с колёсной формулой 4х4, пиковой мощностью 20 кВт, возможна также разработка низкопольного автобуса (на 30–50 человек) и грузовика (5т) с колёсной формулой 4х4.

И хотя на текущий момент полноценной замены традиционному ДВС нет, очевидно, уже скоро появится новое направление в двигателестроении на водородном топливе, которое имеет все шансы стать конкурентоспособным.

УДК [629.113.004.5+629.113.004.67](083/96)

А.О.ШАШКОВ, М.Ю. ОВЧИННИКОВ

### **К ВОПРОСУ О КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОЭФФИЦИЕНТАХ «ПОЛОЖЕНИЯ О ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Норильское производственное объединение пассажирского автотранспорта

Основным регламентирующим документом, определяющим периодичность технического обслуживания наравне с рекомендациями завода изготовителя, является «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта». Несмотря на то, что «Положение...» было выпущено 26 лет назад при другой экономической

формации, оно не потеряло своей актуальности. Вместе с тем, качественно изменившийся парк подвижного состава, инфраструктура автомобильного транспорта и производственные отношения на автомобильном транспорте требуют пересмотра или изменения ряда подходов в вопросах ресурсного корректирования нормативов. Одним из таких вопросов является предусмотренное «Положением...» введение корректирующего коэффициента  $K_3$ , учитывающего природно-климатические условия.

$$K_3 = K_3' \cdot K_3'',$$

где  $K_3'$  - коэффициент, учитывающий климатическую характеристику района,  $K_3''$  - коэффициент, учитывающий агрессивность окружающей среды.

В рамках статьи обратимся к опыту работы Норильского ПОПАТ (НПОПАТ), расположенного в климатической зоне очень холодного климата. Климатическая составляющая формулы  $K_3'$  равняется 0,8, что означает сокращение пробега между ТО на 20%. Вместе с тем «Положение...» не учитывает способ хранения подвижного состава (ПС), что в наибольшей степени определяет влияние климата прежде всего на износ пар трения и механические деформации деталей и узлов трансмиссии, вызванные повышенным сопротивлением крутящему моменту из-за высокой вязкости масла в картерах агрегатов и смазки в узлах трения. В период безгаражного хранения автомобилей на условиях прогрева, т.е. работы двигателя или электроподогрева охлаждающей жидкости, ежедневной причиной невыхода нескольких автомобилей на линию являлись обрыв корзины или накладок ведомого диска сцепления, срез шпилек крепления полуоси или колёсных дисков. С 1987 года, когда весь транспорт стал храниться в крытых помещениях, изменилась структура невыходов и сходов с линии транспортных средств (ТС). Количество сходов автобусов с линии и потерянных рейсов по НПОПАТ в период 2005–2007 год выражено диаграммой (рис. 1).

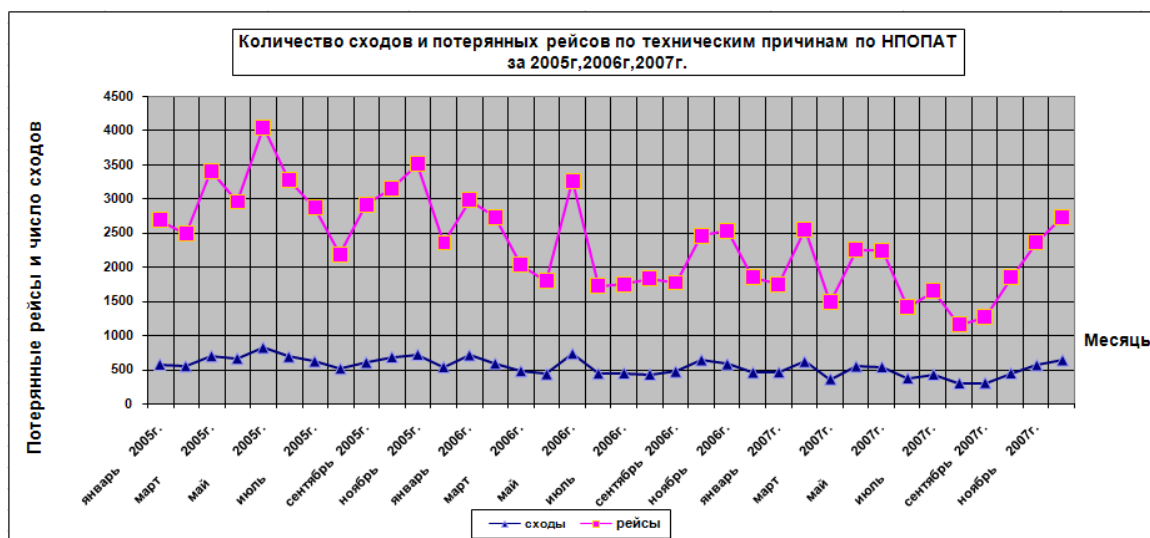


Рис. 1

В период 2006, 2007 года при расчёте производственной программы по НПОПАТ коэффициент  $K_3$  не учитывался. Если принять количественное отношение сходов с линии к количеству выпущенного на линию транспорта за показатель качества технического обслуживания автомобиля, то количество сходов и соответственно потерянных рейсов в указанный период не увеличилось и соответствовало количеству транспортных средств.

Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей подлежит пересмотру и либерализации подходов в части корректирования нормативов технического обслуживания как морально устаревший, но продолжающий действовать нормативный документ.

## ОБОСНОВАНИЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРОДВИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РОЛИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Автомобильная шина, является важнейшим конструктивным элементом, обеспечивая непосредственное взаимодействие автомобиля с дорогой, воспринимая нагрузки колеса, давление воздуха изнутри, подвергаясь воздействию факторов различной природы и степени влияния. За срок службы автомобиль изнашивает не менее 5-6 комплектов шин, а себестоимость каждого составляет 10-27% первоначальной стоимости автомобиля. Тем самым выявляется задача подробного анализа путей повышения эффективности эксплуатации и снижения затрат, где центром исследования может выступать автомобильная шина. Нельзя недооценивать роль шины в столь сложной системе механизмов. Как некоторые элементы конструкции влияют на состояние шин, так и состояние шин влияет на конструкцию, что не может не отражаться на ряде показателей и свойств.

Контроль высоты рисунка протектора является процессом получения информации о параметре шины. Этот параметр подлежит обязательной оценке во время проверки соответствия критериям безопасности автотранспортных средств в процессе их эксплуатации, в соответствии с методикой. Безусловно в вопросах экономичности, эффективных энергозатрат также нужен поиск новых методов получения информации, так как в эксплуатации важно учитывать многое наряду с безопасностью. Результативным становится обобщение знаний по теме всего, что связано с автомобильными шинами, последующее выделение наиболее важных сведений для эксплуатации автомобиля. На саммите «Большой восьмерки» 2007 года в Хейлигендаме, Германия было принято решение о воплощении в жизнь конкретных рекомендаций по эффективности использования энергии, представленных Международным энергетическим агентством (IEA). Указанные рекомендации в транспортном секторе включают развертывание производства энергосберегающих шин. Соответственно, правительства должны принять новые международные процедуры испытаний для измерения сопротивления качению шин, с тем чтобы установить максимальные пределы по сопротивлению качению, а также их указание в маркировке шин. Коэффициент сопротивления качению – немаловажный показатель, зависящий от многих факторов, напрямую относящийся к шинам, может выступать критерием эффективности эксплуатации автомобиля безоговорочно. В будущем мировая тенденция к производству энергосберегающих и экологических («зеленых») шин получит большее развитие. Ведущие компании-производители сделали на сегодняшний день весомые шаги в этом направлении, усовершенствовав конструкцию шин, внедряя новые материалы и технологии производства, четко разграничив области применения различных типов шин. Однако наиболее объективные тесты шин получаются именно в дорожных условиях, опровергающих все обещания или подтверждающих их. Все обуславливается тем, что условия стендовых и полигонных испытаний не всегда близки к реальным условиям. Задача производителей – создавать востребованную продукцию, выпускать качественный товар, соответствующий запросам (износостойкость, сезонность и т.д.). Задача с точки зрения технического диагностирования - разрабатывать методы оценки технического состояния шин. После оценки состояния шины интересно то, как сказывается её состояние на эксплуатации, рационально ли её применение, на какие показатели и свойства оказано влияние, какими путями можно их улучшить.

Выводы и рекомендации:

необходимы:

- а) анализ влияния факторов эксплуатации шин на их состояние;
- б) поиск путей оценки эффективности, методов получения информации о состоянии;
- в) пути повышения эффективности.

**СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С ростом автомобилизации общий уровень аварийности в мире продолжает возрастать. Автомобиль в существующем виде, очевидно, достиг предела совершенства. Ни повышение мощности двигателя, ни применение систем АБС не решают принципиально вопроса сокращения аварийности, а, например, повышение комфортности салона и систем управления автомобилем способствуют засыпанию за рулём при длительной поездке. Совершенствование дорог, разделение транспортных потоков явилось существенной причиной низкой аварийности западных стран и Японии, но, к примеру, дорожно-транспортные происшествия на автобанах и скоростных дорогах, “собирают” десятки автомобилей. На поверхность выходит “человеческий фактор”.

Может, теперь, через столетие блестящего развития автомобильного транспорта приходит новая амбициозная задача – сделать самодвижущийся экипаж и самоуправляющимся? Отделить водителя от управления автомобилем или значительно снизить его участие в данном процессе.

Элементы “умного автомобиля” внедряются давно - это круизконтроль, датчики дождя, парктроник. Они призваны облегчить работу водителя, снизить последствия или не допустить ошибочных его действий, но принятие решения и воздействие на органы управления остаются за человеком.

Совершенствование компьютерных технологий, развитие спутниковой навигации открывают новые перспективы развития автомобилизации, в частности, систем управления автомобилем. Так, на приз Министерства обороны США, намеревающегося к 2015 году до 30% боевой техники сделать самоуправляющейся, с 2004 года на полигоне в Калифорнии проводятся гонки автомобилей без какого либо участия человека DARPA Urban Challenge. 26 команд преимущественно технологических университетов США являются участниками и, главное, разработчиками новой концепции системы управления автомобилем, направления, которое, очевидно, породит основное достижение в развитии автомобилизации XXI века - создание самоуправляемого автомобиля.

На сегодняшний момент системы спутниковой навигации представляют собой одну из наиболее динамично развивающихся отраслей мировой экономики. Сто шестнадцать городов России пользуются этими системами. Например, в Нижнем Новгороде они применяются у коммунальных служб (мусоровоз) и на пассажирском автотранспорте. Сегодня существуют две навигационные системы ГЛОНАСС и GPS, в перспективе создание европейской навигационной системы Галилео.

Система в режиме on-line позволяет наблюдать за работой и местоположением транспортных средств, т.е. осуществлять полный контроль передвижения. Кроме того система позволяет: вести контроль расхода горючего с фиксацией фактов заправки и слива топлива; предотвращать нецелевое и несанкционированное использования транспорта; контролировать график движения; обеспечить голосовую связь водителя с диспетчером (в т.ч. громкая связь); в режиме реального времени вести подсчет пассажиропотока в автотранспорте. Последнее же можно сделать и на остановочных пунктах, с целью обеспечения рациональной перевозки пассажиров. Уже сегодня система спутниковой навигации может передавать изображение дорожной обстановки, что позволит как диспетчеру, так и водителю в режиме on-line отслеживать наличие «пробок» и прогнозировать задержки движения или выбирать другой путь следования.

Большой потенциал развития блока безопасности движения в составе телематики. Уже сейчас возможно не выборочно, а тотально отслеживать нарушения скоростного режима

и совершения манёвров на прописанном маршруте следования автомобиля с учётом действия знаков и разметки. Особый интерес вызывает возможность применения технологии контроля состояния оператора, применяемая в авиации, на междугороднем и международном автотранспорте, прежде всего, пассажирском. Возможен детальный анализ характера движения автомобиля в момент, предшествующий совершённому ДТП. В сочетании с применением веб-камеры такой анализ может стать гарантией объективности выявления причины ДТП.

Приведённые предложения имеют реальную техническую возможность применения в современных условиях и могут быть реализованы в скором времени.

УДК 621.113

Т.К. КИСЛОВА, М.Г. КОРЧАЖКИН, Д.А. ОТРЕЗОВ

### ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ НА НОРМАТИВЫ ТЭА ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В проведенных ранее исследованиях было определено влияние подъемов на маршрутах городских автобусов на показатели эксплуатационной надежности. Однако подобные условия движения влияют и на такие показатели технической эксплуатации как расход топлива и эксплуатационных материалов.

По результатам анализа маршрутной сети и геодезической карты Н.Новгорода, а также сбора данных по протяженности была построена эпюра характерного маршрута движения автобусов (рис. 1).

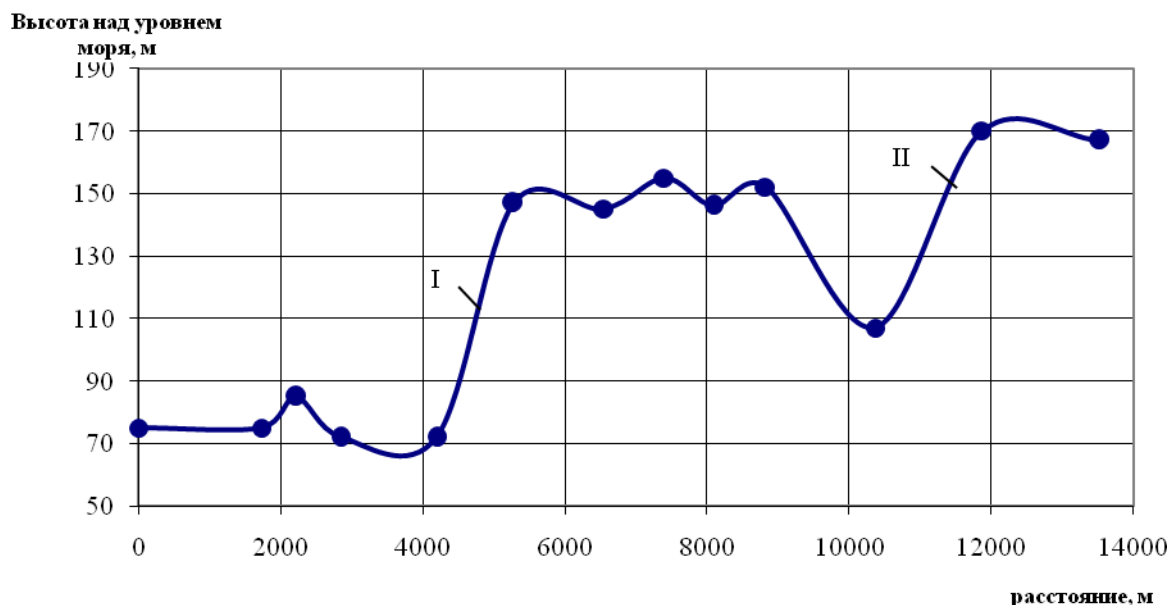


Рис. 1. Эпюра маршрута движения городского автобуса в г. Н. Новгороде

На данной эпюре приведен типичный маршрут, соединяющий разные части города. Полученная эпюра позволяет выделить участки маршрута движения автобуса, где наибольший перепад высот. На этих отрезках автобус преодолевает значительные подъемы, испытывая повышенные нагрузки. На этом этапе возникает необходимость получения коэффициента, учитывающего наличие подъемов на маршруте движения автобуса. Рассчи-



танный далее коэффициент будет иметь широкое применение при корректировке нормативов в зависимости от наличия на маршруте подъемов и от их числа.

Для расчета необходимого коэффициента необходимо знать:

- количество подъемов на маршруте;
- величину угла подъема, которую можно определить, зная высоту подъема ( $n$ ), и продолжительность подъема ( $L$ ).

Определяющей величиной будет являться  $\sin$  величины угла подъема:  $\sin \alpha_i$ . Но так как на маршруте подъем не один, а несколько, то вводим усредненную величину  $\sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha$ , которая определяется как отношение высоты подъема к его продолжительности:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{n_i}{\sqrt{(L^2 - n^2)_i}}$$

Таким образом, формула для расчета необходимого коэффициента будет иметь вид:

$$K_1' = 0,97 + \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha,$$

где 0,97 — коэффициент, учитывающий снижение расхода топлива при движении на спуске;  $n$  — количество подъемов на маршруте;  $\alpha_i$  — величина угла подъема.

На рассматриваемом нами маршруте присутствуют семь подъёмов. Наиболее значительные из них:

- первый — Зеленский съезд, его протяженность 1071 м, перепад высот составляет 75 м.;
- второй — Ракатное шоссе, протяженностью 1552 м и высотой подъема – 63 м.

Подставляя имеющиеся данные в формулу  $K_1' = 0,97 + \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha$ , получаем:

$$\begin{aligned} K_1' &= 0,97 + \left( \frac{10}{479.9} + \frac{5}{533.9} + \frac{75}{1068} + \frac{5}{879.9} + \frac{6}{799.9} + \frac{65}{1550.6} + \frac{2}{397.9} \right) = \\ &= 0.97 + (0.0208 + 0.0094 + 0.07 + 0.0057 + 0.0075 + 0.0419 + 0.005) = \\ &= 0.97 + 0.16 = 1.13 \end{aligned}$$

Таким образом, необходимый расчетный коэффициент будет равен:  $K_1' = 1,13$

При помощи данного коэффициента стало возможным определить расход топлива на маршрутах со значительными подъемами, а также расход моторного масла и технических жидкостей.

УДК 621.113

А.Д. КУСТИКОВ

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИБРИДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**Гибридная силовая установка** сочетает в себе современный двигатель внутреннего сгорания, технологически совмещенный с электромоторами. Весь комплекс управляется электронной системой. Гибридная силовая установка управляет расходом энергии в зависимости от условий движения автомобиля.

По степени гибридизации их делят на ”полные”, ”мягкие” и ”микригибриды”.

1. ”Микригибрид” имеет вспомогательные механизмы, действие которых направлено на улучшение динамики автомобиля и снижение выбросов в атмосферу. В качестве примеров можно привести следующие системы: высокоточный впрыск, система рекуперации энергии

торможения, система забора воздуха, шины с пониженным сопротивлением качению, автоматическая остановка и запуск двигателя.

2. "Мягкий" гибрид на электричестве не ездит, электромотор подключается, если требуется дополнительная мощность (работа кондиционера при остановленном двигателе, дополнительная тяга при обгоне).

3. "Полный" гибрид может двигаться лишь на электричестве, не потребляя топлива.

Первый автомобиль с гибридным силовым агрегатом появился в продаже еще в 1997 году. Таким образом, сегодня уже можно говорить о преимуществах и недостатках, проявившихся в процессе эксплуатации таких автомобилей.

#### **Достоинства гибридных автомобилей:**

- *высокая экономичность*, которая достигается за счет оптимизации работы двигателя, снижения мощности двигателя, полной остановки двигателя в случаях необходимости, рекуперативного торможения с зарядкой аккумулятора;

- *высокая экологичность* – обеспечивается за счет снижения расхода топлива, что связано с полным отключением двигателя во время кратковременных остановок, за счет применения аккумуляторов по сравнению с электромобилями меньшей мощности гораздо проще их утилизировать;

- *хорошие ходовые характеристики*, в гибридах нет необходимости устанавливать двигатель из расчета максимальных нагрузок при эксплуатации. Это связано с тем, что в момент, когда необходимо резкое усиление тяговой нагрузки, начинают одновременно работать как электро-, так и обычный двигатель внутреннего сгорания. Благодаря этому на гибридных автомобилях можно установить более дешевые, но менее мощные двигатели;

- *эффективное использование энергии* (в гибридных автомобилях был устранен такой существенных недостаток двигателя внутреннего сгорания как невозможность возврата энергии);

- *увеличение дальности пробега без дозаправки* – в отличие от электромобилей, которые можно зарядить только на специально оборудованных пунктах, гибридные автомобили заправляются самым обыкновенным углеводородным топливом.

#### **Недостатки гибридных автомобилей:**

- *высокая сложность* - гибридные автомобили значительно сложнее и дороже обычных автомобилей как в производстве, так и в эксплуатации;

- *проблема утилизация аккумуляторов* (хотя и в меньшей степени, чем у электромобилей);

- *сложности с подогревом салона* - из-за высокого КПД двигателя гибридных автомобилей имеют крайне низкую побочную генерацию тепла. Таким образом, если обычные авто при низкой температуре прогреваются за счет работы двигателя, гибридным авто требуются дополнительные системы обогрева салона.

УДК 629.1.05

Э.И. БЕЛЯЕВ, И.В. МАКАРОВА, А.И. БЕЛЯЕВ

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ФОРМАЛИЗОВАННОГО СПИСКА ДЕТАЛЕЙ**

Камская государственная инженерно-экономическая академия

Целью работы является создание программного модуля «Определение эталонной записи», который не допускает использования неоднозначного кода детали автомобилей КАМАЗ и позволяет представлять информацию в структурированном виде.

Совершенствование ремонта, назначением которого является восстановление ресурса автомобилей при заданном их качестве и количестве, возможно лишь при постоянном и планомерном внедрении технических, организационных и экономических мероприятий. Целенаправленность и оптимальность процесса совершенствования обеспечивается прогнозированием на основе статистической информации.

На сегодняшний день наилучшим методом сбора и анализа статистической информации является информационная система с наличием объемной базы данных и математическим аппаратом, позволяющим обработать собранную информацию. Одной из основных проблем, препятствующих корректной работе такой информационной системы, является крайняя неформализованность имеющейся информации.

Разработанная информационная система «АСУ-Сервис» позволяет вести базу данных отказов автомобилей КАМАЗ, эксплуатируемых за рубежом в гарантийный период. Информация поступает в модуль из журнала рекламационных актов, которые составляются инженерами по гарантии в сервисных центрах. Конструкторский код детали указывается из каталога запасных частей автомобилей КАМАЗ.

Таким образом, можно сделать вывод, что при составлении рекламационных актов специалист может совершить ошибку или ввести некорректный код детали. С этим связан ряд проблем, которые стоят перед специалистами отдела развития сервиса при обработке информации о количестве отказов деталей:

- результаты анализа данной информации нельзя считать адекватными;
- некорректные результаты анализа повлияют на состав и количество коммерческих и гарантийных запасных частей, необходимых для покрытия потребности автомобилей в ремонте;
- отсутствие необходимых запасных частей приведет к затруднению выполнения гарантийных обязательств перед потребителями и простоя автомобилей в сервисной зоне;
- простои автомобилей приведут к уменьшению прибыли и потере клиента.

Решение данной проблемы осуществляется с помощью эталонных значений деталей, применение которых не допускает использования неоднозначного кода детали и позволяет представлять информацию в структурированном виде. Для упрощения ввода эталонных значений предложен алгоритм автоматизированного подбора деталей, позволяющий определить необходимый список деталей, входящих в эталонную запись, путем фильтрации по коду и наименованию. Модуль «Определение эталонной записи» является наиболее удобным средством формализации информации по отказам деталей.

Применение данного модуля позволяет совершенствовать процесс анализа статистической информации по отказам деталей и решить основные проблемы, связанные с организацией сервиса автомобилей КАМАЗ за рубежом:

- создание корректного и формализованного списка запасных частей, необходимых для покрытия потребности в ремонте в том или ином регионе;
- прогнозирование отказов деталей автомобилей КАМАЗ, эксплуатируемых как за рубежом, так и на территории РФ;
- выполнение в минимальные сроки обязательств по техническому обслуживанию и ремонту;
- отсутствие простоев автомобилей в сервисной зоне, в итоге увеличение прибыли и положительные отзывы потребителей.

Программный модуль прошел апробацию в департаменте сервиса за рубежом ЗАО «Внешнеторговая компания «КАМАЗ» и был признан средством совершенствования анализа статистической информации по отказам деталей специалистами отдела сервиса за рубежом.

УДК 629.1-46:629.1.07:62-97/98

Д.И. БАКИЕВ

## **ОТКАЗЫ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ**

Нижегородское региональное отделение МААНОИ

Разработана методика организации работ в условиях современного автосервисного предприятия, основывающаяся на приоритетном диагностировании легковых автомобилей и занесении в базу данных предприятия значений параметров технического состояния элементов автомобиля и диагностических параметров, отражающих специфику протекания процес-

сов в узлах и агрегатах автомобиля. По мере получения репрезентативных выборок в базе данных создаются уравнения, описывающие изменение параметров технического состояния и диагностических параметров автомобилей конкретной марки в зависимости от пробега. С помощью этих уравнений прогнозируется техническое состояние элементов автомобиля в обозримый период, оценивается остаточный пробег и устанавливается срок упреждающего отказа технического обслуживания или ремонта автомобиля.

Выполненный автором анализ данных, полученных путем обработки зафиксированных обращений клиентов на участках технического обслуживания группы компаний «Юникор» за период с 01.06.2005 г. по 31.12.2009 г., позволил получить следующие усредненные по маркам автомобилей результаты: отказы двигателя (в том числе системы зажигания) – 27,7%; отказы ходовой части (подвески, колес) – 20,4%; отказы тормозной системы – 14,6%; отказы системы питания двигателя – 9,5%; отказы трансмиссии (сцепления, коробки передач, дифференциала, раздаточной коробки) – 8,8%; отказы электрического оборудования (без системы зажигания) – 8,8%; отказы рулевого управления – 5,1%; отказы системы выпуска двигателя – 2,9%.

На базе выявленной статистики отказов и анализа возможностей современного диагностического оборудования составлен список пригодных для использования при прогнозировании технического состояния автомобиля параметров технического состояния и диагностических параметров.

В частности, в список параметров технического состояния вошли: расход топлива; мощность двигателя; компрессия в цилиндре; частота вращения коленчатого вала (в зависимости от нагрузки при работе по внешней характеристике); овальность передней оси колес автомобиля; овальность задней оси колес автомобиля; удельная тормозная сила рабочей тормозной системы; удельная тормозная сила стояночной тормозной системы; ток стартера; ток генератора; давление масла в двигателе; температура охлаждающей двигатель жидкости; максимальное давление впрыскивания топлива (для дизелей); максимальное давление в цилиндре (для дизелей); давление в конце такта сжатия (для дизелей); напряжение в первичной и вторичных цепях системы зажигания; зазоры/люфты в шарнирных соединениях подвески (шаровые опоры, резинометаллические шарниры) и др.

В список диагностических параметров были включены: приемистость двигателя (скорость нарастания мощности двигателя с повышением частоты вращения); угол опережения зажигания в цилиндре двигателя; угол опережения подачи топлива в цилиндр (для дизелей); устойчивость (нестабильность) частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу; время срабатывания рабочей тормозной системы; смещение осей колес; эмиссия СН; эмиссия NOx (для дизелей); эмиссия CO; эмиссия O<sub>2</sub>; отношение фактического соотношения воздух/топливо к стехиометрическому (коэффициент лямбда) и др.

С учетом результатов проведенного исследования рекомендован минимальный состав диагностического оборудования современного автосервиса.

УДК 621.431.73

И.В. ПЕТРОВА

## **РЕСУРС БОКОВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Безопасность движения поездов в большой мере зависит от надежности узлов и деталей подвижного состава. Дополнительный анализ узлов тележки грузового вагона показывает, что наибольший риск возникновения событий появляется после неразрушающего контроля боковых рам. Для изменения данной ситуации проведем дополнительный анализ докритического роста усталостных трещин, применяемый для тонкостенных конструкций в кораблестроении.

В качестве модели используем степенную зависимость числа циклов  $N_*$  до образования усталостной трещины от амплитуды напряжений с учетом предела усталости  $\sigma_{-1}$ , эффективного коэффициента концентрации  $k_e = \beta_k \cdot \frac{k_1 \cdot k_2}{\gamma \cdot m}$  и среднего напряжения в материале  $\sigma_m$ :

$$N_* = N_0 \cdot \left( \frac{\sigma_{-1}}{k_e \cdot \sigma} \right)^s \cdot \left( 1 - \frac{\sigma_m}{\sigma_b} \right)^s \quad (1)$$

где  $\sigma_b$  - предел прочности материала боковой рамы,  $N_0 = 3.48 \cdot 10^6$  - базовое число циклов,  $s$  - показатель живучести материала,  $\beta_k$  - эффективный коэффициент концентрации напряжений, учитывающий форму детали,  $k_1, k_2$  - коэффициенты, характеризующие неоднородность материала и внутренние напряжения в детали соответственно,  $\gamma, m$  - коэффициенты, учитывающие влияние абсолютных размеров и состояние поверхности детали соответственно.

Будем полагать амплитудное напряжение случайной величиной  $\sum$ , распределенной по закону Вейбулла, а предел усталостной прочности  $\sum_{-1}$  случайной величиной, распределенной по закону Гаусса.

$$f_1(\sigma) = c_0 \cdot \alpha \cdot \sigma^{\alpha-1} \cdot e^{-c_0 \cdot \sigma^\alpha}; \quad f_{-1}(\sigma_{-1}) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot d_*}} \cdot e^{-\frac{(\sigma_{-1} - m_*)^2}{2 \cdot d_*^2}}, \quad (2)$$

где  $c_0, \alpha, d_*, m_*$  - характеристики дифференцированных законов распределения вероятностей случайных величин, причем  $d_*, m_*$  - среднеквадратичное отклонение и математическое ожидание случайной величины  $\sum_{-1}$ .

Используем закон Пальмгрена - Майнера в интегральной форме, в результате получим для времени  $t_*$  до образования трещины:

$$t_* = T_e \cdot N_0 \cdot \left( \frac{\sigma_{-1}}{k_e \cdot d_\sigma} \right)^s \cdot B(y_0, s) \cdot \left( 1 - v_1 \cdot \frac{\sigma_m}{\sigma_b} \right)^s \quad (3)$$

где  $T_e$  - эффективный период изменения напряжений за срок до образования трещины в боковой раме,  $B(y_0, s) = [\Psi(s+2)P_1(y_0, s+2)]^{-1}$ ,  $y_0 = \frac{\sigma_{-1}}{d_\sigma}$ ,  $v_1 = 0,5 - 0,6$  - коэффициент влияния  $\sigma_m$  в конструкции на усталостную прочность материала.

УДК 629.331, 681.518

П.А. БУЙВОЛ, И.В. МАКАРОВА, Р.Г. ХАБИБУЛЛИН

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИЛЕРСКО-СЕРВИСНОЙ СЕТЬЮ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Камская государственная инженерно-экономическая академия

В свете последних тенденций крупные промышленные предприятия сталкиваются с тем, что совокупность услуг, связанных со сбытом и эксплуатацией высокотехнологичной продукции, становится основным фактором конкурентоспособности. Политика в области сервиса во всех развитых странах заключается в том, что продающий технику гарантирует и ее сервисное сопровождение, а также оперативное обеспечение оригинальными запасными комплектующими. Выполнение последнего предполагает наличие оптимально спроектиро-

ванной дилерско-сервисной сети, а также непрерывный мониторинг ее функционирования при помощи налаженного механизма обратной связи с целью корректировки параметров и принятия научно обоснованных управленческих решений на основе накопленной статистической информации.

Вследствие сложности системы фирменного обслуживания, состоящей из множества дилерско-сервисных центров, функционирующих в разных условиях и отличающихся по целому ряду параметров, принятие обоснованных и рациональных решений по управлению ею невозможно на основе обычной интуиции, опыта, здравого смысла руководителя. Анализ причинно-следственных связей между субъектами сети усложняется наличием значительного числа факторов, многие из которых являются стохастическими и плохо формализуемыми, что во многих случаях не позволяет оптимизировать структуру и повысить эффективность функционирования системы традиционными методами.

Эффективным методом управления, минимизирующим роль субъективных факторов, может быть система поддержки принятия решений (СППР) на основе имитационного моделирования. Внедрение подобных СППР повышает эффективность оперативного управления в среднем на 10%–15%, а при стратегическом планировании экономия может составлять до десятков процентов от стоимости проекта.

Задача производителя сводится к интеграции деятельности отдельных дилеров в единый комплекс с системой управления производственным предприятием, т.е. к организации единого информационного пространства, позволяющего получить синергетические эффекты при автоматизации. Для этого информация, предоставляемая дилерами, должна быть унифицирована и передана в единую базу данных головной компании, которая в дальнейшем будет составлять информационную базу СППР.

Полнота и достоверность информационной базы СППР гарантирует объективность и обоснованность принимаемых управленческих решений, позволяет оперативно реагировать на изменение параметров функционирования системы. Кроме того, наличие обратной связи позволяет выявлять проблемы, возникающие при эксплуатации, своевременно их решать, тем самым повышая доверие к бренду и конкурентоспособность продукции.

---

---

# Автомобильные двигатели внутреннего сгорания

---

---

УДК 621.43

В.Ф. ДЮЖАКОВ, В.В. ГОЛУБЦОВ, Д.А. ИВАНОВ, И.Д. РОМАНОВ, Ю.С. БЫКОВА,  
Л.А. ЗАХАРОВ, И.Л. ЗАХАРОВ, А.Н. ТАРАСОВ

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО АВТОПРОМА С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЛЮЧЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Заволжский моторный завод,  
Заволжский филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Инновационное развитие любых систем предполагает прорыв в будущее за счет использования наиболее новых, только нарождающихся технологий, технических решений, методик, способов и прочих результатов научного поиска.

Важнейшей частью, определяющей практический успех результатов прорыва, является целеполагание, т.е. определение необходимых параметров будущего продукта, который будет востребован обществом в момент его вывода на рынок.

Не менее важна затратная сторона инновационного проекта, которая в пределе может быть равна нулю, а в идеале – даже носить отрицательный знак, т.е. процесс развития инновационного проекта становится самокупаемым. Такие идеальные варианты в истории имели место при своевременном выявлении и решении определенных, необходимых и достаточных «ключевых» проблем.

Доклад посвящен варианту инновационного развития автомобильной промышленности России в современных условиях, с конкретными примерами решения частных задач современными научными методами.

Основными из них можно назвать:

1. Повышение технического уровня поршневых и комбинированных двигателей за счет:

- выбора наиболее выгодного термодинамического цикла с высокой тепловой экономичностью;
- использования новых видов окислителя и химического состава топлива;
- отработки рациональных кинематических и динамических схем кривошипно-шатунного механизма с минимальными механическими потерями, а так же с рациональными принципиально устранимыми тепловыми потерями;
- достижения эффективного КПД двигателя более 50%.

2. Решение комплексной проблемы выпуска перспективных двигателей является задачей: заводской, межзаводской, отраслевой, межотраслевой, государственной.

**СОЗДАНИЕ УПРАВЛЯЕМОЙ ЖИДКОСТНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Многообразие вариантов компоновочных и конструктивных исполнений систем жидкостного охлаждения и ее отдельных узлов (жидкостного насоса, вентилятора, охладителя) существенно затрудняет их расчет и оценку. Предложенные методы расчета и оценки системы охлаждения двигателей базируются в основном на определении параметров отдельных узлов без учета особенностей их работы в составе системы охлаждения двигателя, что приводит к многообразию конструкций агрегатов, увеличению габаритов системы и затрат мощности на охлаждение.

В связи с тем, что существующие методы определения теплоотдачи в охлаждающую жидкость двигателей не достаточно достоверны, а приведенные в литературе данные свидетельствуют о значительном влиянии температуры охлаждающей жидкости на величину теплоотдачи, необходимо экспериментально уточнить ее зависимость от температуры охлаждающей жидкости и определить оптимальный уровень по экономическим и экологическим показателям.

На данный момент большинство систем охлаждения спроектированы с постоянным приводом от коленчатого вала и регулированием температуры при помощи термостата, переключающего малый и большой круги охлаждения. Данная схема имеет ряд недостатков как экологических, так и связанных с эффективным КПД двигателя.

Сегодня для уверенного выбора параметров жидкостной системы охлаждения при проектировании перспективных малотоксичных и высоко производительных двигателей опубликованных к настоящему времени материалов оказывается недостаточно. В конструкторской практике параметры агрегатов охлаждения (охладителей, вентилятора, жидкостного насоса и др.) определяют ориентировочно на основании анализа данных по известным образцам или уточняются уже в процессе доводочных испытаний. Подобный выбор агрегатов без оценки эффективности работы каждого из них, как правило, приводит к увеличению габаритов элементов системы и затрат мощности на охлаждение. Последнее затрудняет достижение требуемых технических и экономических параметров и показателей двигателей, так и автомобиля в целом. Поэтому теоретическое и экспериментальное обоснование методик управления системой охлаждения, позволяет уже на этапе проектирования производить выбор параметров агрегатов, входящих в ее состав, а также более точный расчет мощностных и экологических показателей двигателей.

**СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В период сгорания рабочей смеси температура в цилиндре достигает 2000 °С и более. Сильный нагрев может вызвать нарушения нормальных рабочих зазоров и, как следствие, усиленный износ, заклинивание и поломку деталей, а также снижение мощности двигателя за счёт ухудшения наполнения цилиндров горючей смесью, самовоспламенения и детонации. Для обеспечения нормальной работы двигателя необходимо охлаждать детали, соприкасаю-



щиеся с горячими газами, отводя от них тепло в атмосферу непосредственно, либо при помощи промежуточного тела (воды, низкозамерзающей жидкости). При чрезмерно сильном охлаждении рабочая смесь, попадая на холодные стенки цилиндра конденсируется и стекает в картер двигателя, где разжижает моторное масло. Наиболее выгодным температурным режимом является такой, при котором жидкость на выходе из двигателя имеет температура 85-100 °С, но на данный момент прорабатываются вопросы по увеличению максимальной температуры до 120 °С, рабочая в пределах 105 °С.

Увеличение максимальной температуры приведет к более полному сгоранию рабочей смеси, а значит, к повышению мощности и снижению расхода топлива. Так, повышение температуры охлаждающей жидкости с 85 до 105°С приведет к снижению выбросов углеводородов на всех режимах работы двигателя до 40% и повышению экономичности двигателя на режимах средних нагрузок до 7%.

Переход на систему охлаждения с повышенной температурой ОЖ потребует решения ряда вопросов:

- повышение давления системы охлаждения;
- разработка и внедрение в производство материалов, обладающих минимальными линейными расширениями при повышенных температурах;
- разработка и внедрение нетоксичной ОЖ с пределами работы -45 +140°С;
- применение управляемой системы охлаждения (водяной насос с приводом от электромотора, управляемый командами с блока управления двигателя, термостат и др.);
- создание двухпоточковой системы охлаждения, первый поток через головку блока с температурой до 100°С (для предотвращения детонационных факторов), второй поток через блок цилиндров с температурой до 120°С (возможно выше), с управлением потоками либо двухтермостатной схемой, либо управляемым термостатом.

УДК 621.43

М.А. СКВОРЦОВА, А.Н. ТИХОМИРОВ

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВОГО СМЕСИТЕЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Всего десять лет назад большинство систем подачи газа монтировались на автомобили, не имеющие особых механических или электронных устройств. Эффективность оставалась средней даже при работе на бензине, расход топлива был относительно высок. По этой причине любые простые пневмомеханические системы подачи газового топлива в автомобильные ДВС были привлекательны. Проблема загрязнения окружающей среды не ощущалась сколь либо остро, и самого утверждения, что газовое топливо чище, чем бензин было достаточно.

Сейчас ситуация изменилась и автопроизводители выпускают на рынок все более и более совершенные авто. Все большее число информационных сигналов, данных и алгоритмов задействуется для расчета количества топлива, подаваемого в цилиндры. Традиционные системы подачи газа становятся неконкурентны с электронноуправляемыми бензиновыми, они плохо интегрируются в системы управления ДВС. На смену приходят системы газоподдачи четвертого поколения с электромагнитными форсунками, максимально повторяющими архитектуру бензиновых систем впрыска.

Серьезным препятствием их реализации является собственно форсунка для работы на газе. Цикловая подача необходимая для обеспечения работы двигателя рабочим объемом  $V_h = 2,5 \text{ дм}^3$  должна меняться от  $\approx 30$  мг/цикл на режиме холостого хода до  $\approx 150$  мг/цикл на

режимах полной нагрузки. Но плотность бензина составляет  $740 \text{ кг/м}^3$ , а газов: нефтяного сжиженного при давлении 3 бара –  $7 \text{ кг/ м}^3$ ; природного сжатого при давлении 5 бар –  $3,5 \text{ кг/м}^3$ , что соответственно в 100 и 200 раз меньше. Следовательно, для обеспечения работы топливной системы необходимо в соответствующее количество раз или увеличивать проходное сечение форсунки и ее рабочий ход или изменять давление на входе. Однако резервы увеличения этих параметров ограничены и не могут довести систему до уровня бензинового аналога.

Традиционный газовый смеситель по-прежнему остается привлекательным. Его главная проблема сводится к сложности корректного дозирования газа на всех режимах работы двигателя. Неблагоприятная характеристика смесителя типична для большинства применяемых сегодня комплектов газового оборудования. Это приводит к повышенному расходу газа при одновременном снижении динамических качеств автомобиля. Известные многим проблемы «хлопков» также происходят от неоптимального протекания главной характеристики смесителя.

Проведенный анализ показал, что для достижения высоких показателей газового ДВС необходимо рассматривать весь комплект газового оборудования как единое целое:

- газовый редуктор обязан иметь производительность, достаточную для любых режимов работы двигателя. Применительно к российскому климату особое внимание должно быть уделено испарителю, способному гарантированно обеспечивать паровое состояние сжиженных газов на режимах холодного пуска;
- газовый смеситель должен гарантировать высокое рабочее разрежение при качественном смесеобразовании и исключении заметного дросселирования потока.

Соблюдение указанных условий при проектировании газоподающих систем гарантирует высокие показатели двигателя при работе как на бензине, так и на газе.

УДК 621.43

С.А. ТИХОМИРОВ

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛОВ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Перевод искровых двигателей на питание газообразным топливом имеет давнюю историю и к настоящему времени отработаны конструктивные методы и решения такого переоборудования. Достаточно распространено мнение, что при работе на газе необходимо увеличивать угол опережения зажигания по сравнению с тем, который устанавливается штатной системой для бензина. Основанием служит утверждение, что газ горит в цилиндрах двигателя медленнее и это необходимо компенсировать. Для проверки в лаборатории ДВС кафедры «Энергетические установки и тепловые двигатели» НГТУ была проведена серия экспериментальных исследований.

Объектом выступил двигатель ЗМЗ 4062.10, установленный на моторном стенде. На нем было смонтировано оборудование для сжиженного нефтяного газа с электромагнитными форсунками. Было снято две регулировочные характеристики по углу опережения зажигания для частоты вращения  $1500 \text{ мин}^{-1}$  при нагрузках примерно 25% и полном открытии дросселя.

Для режима полной нагрузки оптимальный угол опережения на бензине составил  $22^\circ$ , хотя штатный блок управления на этом режиме поддерживает его на уровне  $17^\circ$ . Система газоподдачи первоначально включалась "как есть", т.е. без корректировок по составу смеси. Для представленного режима смесь оказалась бедной, что выразилось в значительном снижении мощности (20 кВт против 24 кВт). Даже при таком составе оптимальный угол составил  $24^\circ$ , что ненамного больше бензинового. Далее смесь была искусственно обогащена до значений,

гарантирующих мощностной состав. Уровень достигнутой мощности поднялся до 22,5 кВт, а оптимальным стал угол всего 19°.

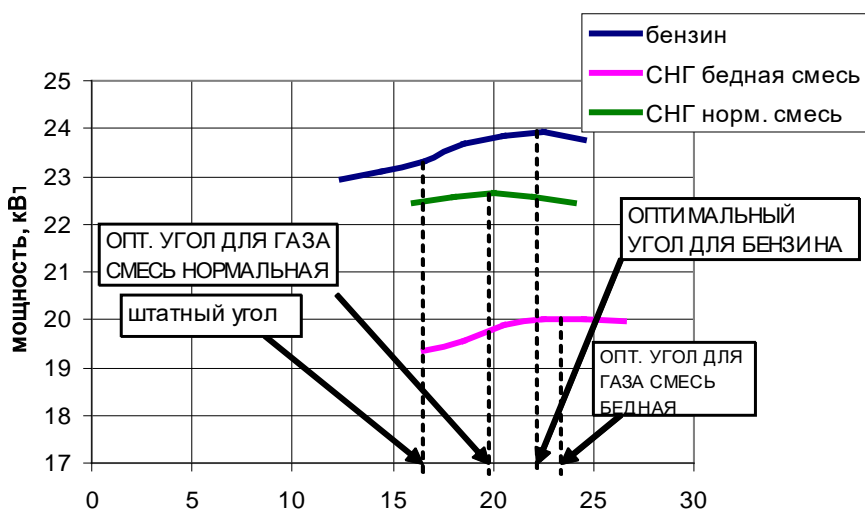


Рис. 1. Регулировочная характеристика по углу опережения, ЗМЗ 4062,  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ , полный дроссель

Угол опережения зажигания выступает ярким индикатором совершенства рабочего процесса искрового ДВС. Всякая необходимость смещения оптимального угла в большую сторону говорит о неблагоприятном протекании режима, прежде всего, неоптимальной смеси. В данном примере косвенно опровергается широко распространенное утверждение о замедленном сгорании газа в цилиндрах двигателя. Наоборот, при правильно подготовленной смеси сгорание в газовом двигателе протекает чуть быстрее, чем в бензиновом. На режиме частичной нагрузки, который здесь графически не представлен, различия по оптимальным углам между бензином и сжиженным газом не обнаружено вовсе.

УДК 625.06

В.Ф. КУЛЕПОВ, М.Н. УБИТИН

### ПРОКЛАДКА ТРАСС НА ЛЕДЯНОМ ПОКРОВЕ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Большинство рек, озер, а также прибрежные морские акватории РФ в течение длительного периода покрываются льдом. Ледяной покров является удобным опорным основанием для гидротехнического строительства, прокладки подводных коммуникаций, строительства ледяных трасс для движения автомобильного транспорта и судов на воздушной подушки.

Одна из первых проблем при проведении работ заключается в наличии торосистого льда, который мешает прокладке транспортных трасс с помощью дорожной техники и ледорезных машин.

Было установлено, что средняя высота гряд торосов, образующихся на однолетних льдах, лежит в пределах от 1,6 до 1,9 м, а на многолетних – от 2,0 до 2,5.

В сечении торос имеет форму трапеции, основание которой равно пяти высотам тороса, а противоположная одной высоте. Он характерен для океанических и морских льдов.

Торосы на реках и озерах образуются всегда около трещин и называются «нажимами». Они представляют собой льдины, поставленные наклонно или вертикально, по одному или обоим краям трещины. Часто они имеют вид «крышеобразного тороса», достигая в высоту 1.5 м. Сплошные торосы – это торосистое поле, состоящие из смерзшихся льдин, стоящих вертикально или наклонно.

Для прокладки транспортных трасс в торосистом льде используют машины с навесным рабочим органом (РО). РО состоит из фрезы и ротора. Фреза представляет собой шнек, на ленте которого установлены зубья. Она фрезерует торос и перемещает образовавшуюся шугу к ротору, который находится за ней. В свою очередь ротор метает шугу в сторону.

Разделение рабочего органа на два по сравнению с совмещенным рабочим органом дает большую производительность и увеличению дальности отбрасывания.

Однако отсутствие научно обоснованной методики определения нагрузочных характеристик и выбора основных конструктивных параметров РО не позволяют считать уже созданные планировщики рациональными с точки зрения производительности, материалоемкости и энергопотребления.

Для решения задачи создания ледовых трасс путем их прокладки через гряды торосов и поле торошения требуется ледорезные машины-планировщики, ориентированные на различные природно-географические условия.

На основе методики расчета их параметров можно будет планировать технологические подготовленные операции, проводимые с ледяного покрова, и производить экономическую оценку целесообразности прокладки транспортных трасс на ледяном покрове для движения автомобильного транспорта и судов на воздушной подушки.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИЖИТЕЛЕЙ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Энергоэффективность движителей колесных транспортных средств напрямую зависит от свойств опорной поверхности. На дорогах, покрытых снежно-ледовыми образованиями, ухудшаются сцепные качества и увеличивается сопротивление качению, что приводит к увеличению буксования колес, рассеиванию энергии, и, следовательно, к увеличению мощности, необходимой для движения транспортного средства.

Способы повышения энергоэффективности движителей колесных машин при движении по дорогам с низкими сцепными свойствами исследовались большим количеством отечественных и зарубежных ученых. Предлагаемые решения напрямую зависят от свойств и параметров снежного покрова, который подробно рассматривался во многих работах, в том числе и в научной школе Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. В отличие от исследований, проводимых учеными других научных школ, в нижегородской школе снег описывается как полизональное и полислоистое тело, которое имеет более 14 основных состояний. Снег представляется совокупностью фаз вещества одной природы, но разных агрегатных состояний. Это придает своеобразие строению и структурным связям снега как минерального материала (грунта). Основной особенностью снега является время формирования связей, которые могут быть хрупкими, жесткими, необратимыми (кристаллизационными), пластичными, мягкими и обратимыми (водно-коллоидными). Состояние снежного покрова зависит от термодинамического равновесия твердой газообразной и жидкой фаз. Многообразие физико-механических свойств снежного покрова зависит от различного сочетания условий формирования и прохождения процессов фазовых превращений. Из всего многообразия этих свойств для изучения вопросов повышения энергоэффективности движения колесных машин можно выделить сопротивление резанью, плотность, твердость, прессируемость, сцепные и упругие свойства снега.

Одним из наиболее эффективных мероприятий, способствующих улучшению сцепных качеств и снижению сопротивления качению в зимний период является удаление снежно-ледовых образований с поверхности дорог. В настоящее время не существует универсального рабочего органа, позволяющего производить удаление снега в полном соответствии с действующими нормативными документами, поэтому поддержание дорог в соответствии с нормами безопасности осуществляется при использовании целого комплекса машин. При проведении операций снегоуборки в большинстве случаев наиболее рациональным является применение обычного плужного рабочего органа. На основе теоретических и экспериментальных исследований предложен ряд математических моделей взаимодействия рабочих органов с разрушаемым опорным основанием. Однако эти модели имеют ряд недостатков. К ним относятся описание процессов с точки зрения квазистатических зависимостей, а не дифференциальных уравнений движения, применение значительного количества эмпирических коэффициентов, связь которых с реальными процессами, протекающими при взаимодействии снега и рабочего органа, имеет ряд необоснованных допущений, отсутствие методики выбора технологических и конструктивных параметров, обеспечивающих необходимую эффективность уборки, отсутствует теория взаимодействия рабочих органов со сложной средой, которой является снег на дорогах. Указанные недостатки ранее применяемых моделей требуют своего разрешения для определения рациональных параметров удаления снега при помощи простого отвала.

Поисковая научно-исследовательская работа проводится в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

## ГЕОСИНТЕТИКА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА, РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Неудовлетворительное состояние наших дорог является результатом неспособности основания выдерживать многократные нагрузки без остаточных деформаций.

Актуальность внедрения инновационных технологий в дорожном строительстве сегодня очевидна и бесспорна. Это и континентальный характер климата отдельных регионов с большим перепадом температур, и наличие территорий со сложными геологическими условиями, и само состояние дорог, большинство из которых было построено 40-60 лет назад и рассчитано на более низкие нагрузки и интенсивность движения.

Основным качеством асфальтобетонного покрытия является вязкопластичность. При длительном (статическом) и многократном приложении нагрузки обуславливает низкую прочность на растяжение при изгибе и недостаточную распределяющую способность нагрузки от колес автотранспорта. В следствие чего могут появляться трещины, которые в целом очень пагубно влияют на срок эксплуатации дорожных конструкций.

Геотекстильные материалы достаточно широко применяются при строительстве и ремонте жестких дорожных одежд, дорожного полотна с асфальтобетонным покрытием, для сооружения временных дорог со слабым основанием, взлетно-посадочных полос аэродромов, насыпей, дамб и других объектов.

Во всем мире практикуется продление срока службы асфальтобетонных покрытий путем армирования их геосетками (стеклосетками) или сплошным геотекстилем. Геосетка используется при строительстве дорог, а также их реконструкции и ремонте с целью повышения качества дорожного покрытия, уменьшения колеиности и сокращения появления первичных и вторичных отраженных трещин.

Основное назначение данных материалов - армирование дорожных покрытий (сетку кладут между подсыпкой из щебня и асфальтобетонным покрытием, либо укладывают на выравнивающий слой асфальта, ткани – между песчаной и щебневой подсыпками).

Функции:

1. Армирование (повышение жесткости насыпи, устойчивости откосов, несущей способности основания, снижение неравномерности осадки).
2. Защита (предотвращение взаимопроникания крупнофракционных материалов и грунта, предотвращение или замедление процесса эрозии грунтов, предотвращение повреждения прослоек из других материалов (гидроизоляционных пленочных).
3. Фильтр (предотвращение выноса грунтовых частиц в результате волнового воздействия, водного течения, давления воды из выклинивающихся водоносных горизонтов, предотвращение загрязнения традиционных дренажей).
4. Дренаживание (улучшение работоспособности дренирующих слоев, ускорение консолидации грунтов повышенной влажности, возможность прерывания капиллярного поднятия воды).

Применение геотекстилей способствует устранению колеиности, выбоин, а также до 40% снижает напряжение на участках старых трещин за счет поглощения деформаций между старым и новым покрытиями.

**УПРАВЛЯЕМОСТЬ СНЕГОУБОРОЧНЫХ МАШИН**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Управляемость системы «автомобиль-водитель» - это способность автомобиля, управляемого водителем, сохранять заданное направление движения или изменять его по желанию водителя воздействием на рулевое управление в определенных дорожных условиях.

Управляемость автомобиля тесно связана с устойчивостью, так как чем выше устойчивость, тем больше приближается фактическая траектория движения автомобиля к траектории, задаваемой водителем. Под потерей автомобилем устойчивости подразумевают опрокидывание или скольжение автомобиля.

Плужная снегоуборочная техника предназначена для очистки дорог, городских территорий и аэродромов от свежеснегавшего снега путем перемещения его отвалом, установленным перпендикулярно или под углом к направлению движения машины, или баллистического отбрасывания отвала за счет действия инерционных и аэродинамических сил, а также профилирования и сдвига валов снега с дорог. Плужный снегоуборочный механизм используют для уборки и прокладки дорог, тротуаров, аэродромов, патрульной очистке автомагистралей.

Так как патрульная уборка автодорог при больших снегопадах должна производиться на значительных скоростях, то вопрос об управляемости и устойчивости становится актуальным, кроме того меняется конструкция отвала: нижние кромки плужного и плужнороторного снегоочистителей выполняют из износостойкой резины, прикрепленной к отвалу. В противном случае, при таких скоростях уборки поломка рабочих органов при встрече с крупным непреодолимым препятствием неизбежна. На малых скоростях и при уборке слежавшегося уплотненного снега устанавливаются металлические ножи.

Управляемость снегоуборочной машины плужного типа (например, КамАЗ) в транспортном режиме практически не отличается от управляемости обычной машины. Большой интерес представляет управляемость её в технологическом режиме, т.е. при уборке снега. Здесь на управляемость, кроме веса отвала, сказываются и другие факторы: например, схема установки отвала на базовой машине, конструкция и величина заглубления отвала в убираемый снег, величина и состояние снежного покрова.

Направление линии тяги в продольно-вертикальной плоскости оказывает существенное влияние на управляемость снегоуборочной машины (ведь очень часто бывает, что отвал загружен не полностью, а работает в основном его правая часть, что естественно вызывает дополнительное воздействие на сам автомобиль), а также на расход топлива.

Таким образом, встаёт вопрос об улучшении «послушности» машины, а также о предупреждении аварийных ситуаций, связанных с потерей управляемости снегоуборочной машины. Данную проблему можно решить несколькими путями, степень важности которых предстоит установить.

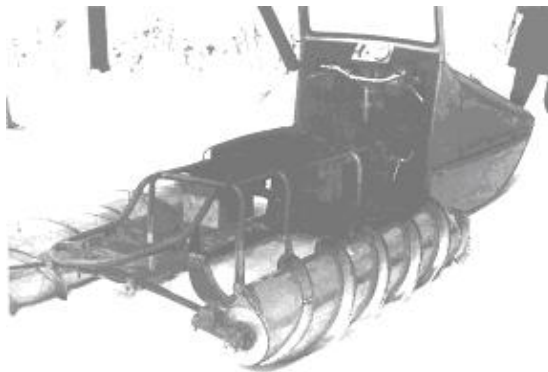
**КОНСТРУКТИВНЫЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН С РОТОРНО-ВИНТОВЫМ ДВИЖИТЕЛЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Роторно-винтовой движитель для транспортно-технологических машин изготавливается в одном из двух основных типов исполнений. Наиболее распространенный вариант исполнения – это двухроторный движитель (рис. 1, а ГПИ-66; рис. 1, б ГПИ-16Р).



*a*



*б*

**Рис. 1**

Подобный вариант исполнения движителя, ставший уже классическим, впервые применил еще в 1804 году американский инженер-механик Джон Стивенс (1749-1838). Он создал пароход, курсировавший по р. Гудзон, с приводом от двух гребных винтов.

Вторым видом исполнения является четырехроторный движитель (рис. 2, *a* ГПИ-06; рис. 2, *б* ГПИ-72).



*a*



*б*

**Рис. 2**

Его отличие от предыдущего состоит в том, что движители в нем на каждом из бортов разделены на два винтовых ротора с равными длинами, вращающимися в разном направлении, поэтому эти части изготавливаются с направлением навивки лопастей друг навстречу другу.

Машины с роторно-винтовым движителем не отличаются большой скоростью передвижения, в среднем она составляет около 20 км/ч (40 км/ч уже считается «рекордной»), но этот недостаток полностью оправдывается высокой проходимостью в различных климатических условиях, в том числе и в сложных условиях бездорожья, а также в условиях Сибири и Крайнего Севера. Такой вездеход обладает высокими тягово-сцепными и экономическими качествами и может свободно преодолевать непроходимые болотистые участки, легко передвигаться по илистому грунту, по глубокому снегу, плавать по воде со скоростью, недоступной для колесных и гусеничных плавающих машин. Следует указать, что роторно-винтовые машины непригодны для езды по асфальтным покрытиям или по бетону, а также могут нанести существенный экологический ущерб вдоль трасс своего движения. И поэтому, несмотря на то, что такие машины имеют широкую область применения, они не претендуют при этом на замещение собой существующих типов движителей, а занимают свое место в ряду средств передвижения вездеходной техники.

Одной из самых важных характеристик любого транспортного средства является его управляемость. Рулевое управление роторно-винтовыми машинами традиционно осуществ-



ляется за счет изменения разности вращающих моментов на роторах, находящихся на разных бортах машины. В некоторых случаях это приводит к полной потере управляемости. Так, при выполнении поворота на снегу небольшое рассогласование во вращающих моментах может за 1,5–2 секунды развернуть машину на 90 градусов. Подобное поведение вполне можно охарактеризовать как неуправляемое (рис. 3).



**Рис. 3. Схематичное изображение потери управления роторно-винтовой машины при выполнении поворота**

Недостатком приведенного рулевого управления роторно-винтовой машиной является его неспособность обеспечить при относительно больших скоростях достаточную устойчивость прямолинейного движения, а при повороте обеспечить минимально возможные увод с траектории и угол заноса (рис. 4).



**Рис. 4. Схематичное представление поворота роторно-винтовой машины в общем виде**

Все эти отклонения связаны также и с тем, что переход с одного режима вращения роторов на другой при разгоне осуществляется водителем вручную, а не автоматизированно. Следствием это является в лучшем случае ступенчатое переключение скоростей, с трудом осуществляемое вовремя вне условий испытания. Однако все перечисленные недостатки связаны не с самим принципом регулировки параметров движения, а связаны с несовершенством конкретных конструктивных и технических его реализаций.

При сравнении типовых исполнений роторно-винтового движителя между собой, при прочих равных условиях и наиболее обобщенно, можно отметить следующее:

1. Двухроторные машины менее критичны к небольшому (до четверти длины) смещению центра тяжести, чем четырех роторные; боковой увод у двухроторных машин меньше.
2. При малой скорости движения (порядка 1–3 км/ч) по снегу с плотностью от 0,25 т/м<sup>3</sup> до 0,5 т/м<sup>3</sup> двух роторные машины имеют более линейную зависимость угла по-

ворота от разности вращающих моментов (более управляемы) по сравнению с четырех роторными. Также при таких скоростях движения и при одинаковой разности вращающих моментов двух роторные машины будут поворачивать на больший угол.

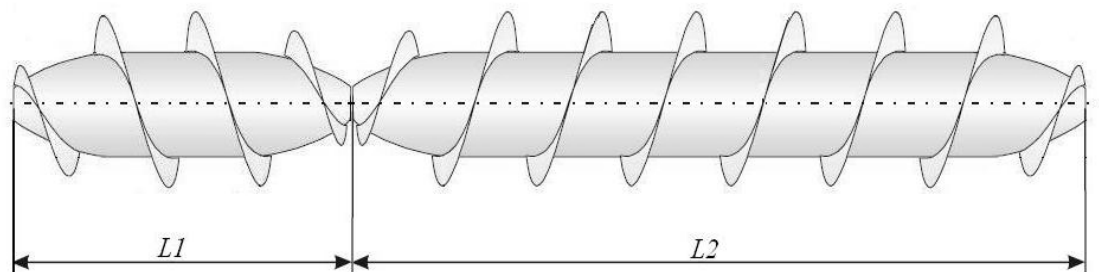
3. С ростом скорости движения преимущество двухроторных машин уменьшается и при скорости около 5 км/ч угол их поворота уже будет меньше, чем у четырехроторных.

Таким образом, исходя из перечисленного, получаем, что в качестве транспортных машин, у которых в процессе эксплуатации изменяется центр тяжести, рационально использовать двухроторные машины и использовать их при относительно небольших скоростях движения.

В свою очередь четырехроторная машина будет наиболее пригодной для выполнения технологических и иных операций, где требуются более высокие скорости передвижения, и существуют строгие требования к выполнению задач в сложных условиях эксплуатации.

Выводом из этого следует вопрос о возможности объединения достоинств существующих исполнений роторно-винтового движителя в одном движителе, путем разработки на их основе нового перспективного исполнения, для дальнейшего его использования в создании универсального транспортно-технологического средства с характеристиками, превосходящими предыдущие решения, а также имеющего более широкую область своего рационального применения.

При создании роторно-винтового движителя проектировщики задавали количество роторов, величину их диаметра, длину базового цилиндра ротора, конструктивные параметры винтовой лопасти (высоту, форму в поперечном сечении, угол навивки и ее направление) и т.д. В данной работе предлагается рассмотреть иное соотношение длин базовых цилиндров роторов в четырехроторном движителе и оценить целесообразность возможного применения подобного исполнения (рис. 5).



**Рис. 5. Предлагаемое исполнение роторно-винтового движителя**

Предполагается, что такое решение, наряду с простотой реализации и экономичностью изготовления, сможет вобрать в себя все преимущества перечисленных типовых исполнений роторно-винтовых движителей, добавив к тягово-цепным качествам двухроторных скоростные качества четырехроторных. Однако применение ротора с более короткой передней частью будет означать сосредоточение управляющих механизмов спереди машины, а так как роторно-винтовые машины при встрече с препятствием (например, выходом на лед) воспринимают нагрузку лобовой частью, то это может повлечь за собой выход машины из строя. И поэтому четырехроторный движитель с более короткой задней частью может оказаться более надежным в эксплуатации. Также одним из достоинств предлагаемой новой схемы исполнения движителя является возможность создания дополнительного управляющего воздействия на машину (поворот передних или задних коротких частей четырех роторного движителя в зависимости от нужного направления движения).

Основная сложность создания подобной конструкции состоит, прежде всего, в определении оптимального соотношения длин частей ротора и определении рационального режима работы передних и задних частей при вождении.

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДБОРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ДОРОЖНЫХ МАШИН

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В данной статье рассматривается возможность использования совокупности информационных технологий для решения проблемы оптимизации процессов выбора техники для строительства и обслуживания дорог. Полученные в процессе обучения студентов в ННГА-СУ (Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет) на кафедре Информационных систем и технологий современным средствам информатизации графические трехмерные модели, базы данных и автоматизированные системы расчетов эффективно используются в учебном процессе, в парках строительных и дорожных машин.

В предложенной работе при помощи визуализации отображен рабочий орган машины для уборки снега. Моделирование производилось в мультимедиа-программе 3D MAX. Получено отображение процесса продвижения материала, подвергаемого уборке (в данном случае – снега) по спирали ротора и последующего его выброса.

Полученные и экспериментальные характеристики позволяют производить расчеты оптимальных параметров рабочих органов снегоочистителей в зависимости от местности (статистических характеристик снежных заносов, ширины автомобильного дорожного полотна). Для этого выполняется расчет зависимости сопротивления на оборудовании от геометрических и физических параметров рабочих органов снегоуборочных машин. Данный расчетный процесс так же автоматизирован при помощи современного пакета объектно-ориентированного программирования Visual Studio на языке C ++.

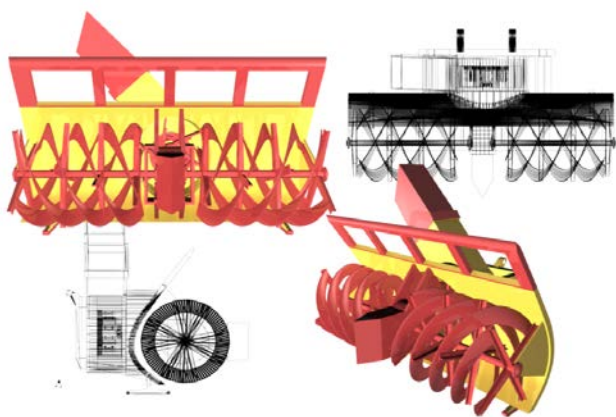


Рис. 1. Визуальная модель рабочего органа снегоуборочной машины

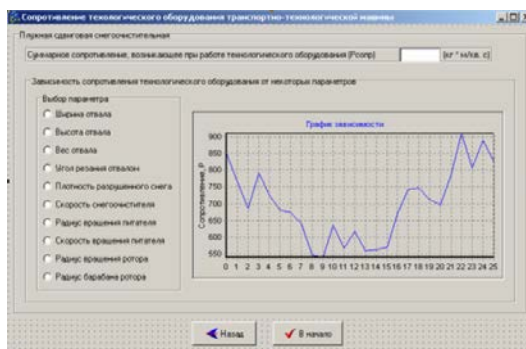


Рис. 2. Программа расчетов параметров рабочих органов

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЧЕРПЫВАНИЮ ПРИ ВНЕДРЕНИИ ЧЕЛЮСТИ ГРЕЙФЕРА В СМЕРЗШИЙСЯ СЫПУЧИЙ МАТЕРИАЛ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Двухканатный грейфер в раскрытом состоянии опускается на штабель смерзшегося груза. При этом задняя стенка челюсти грейфера занимает положение, близкое к вертикальному. Уменьшение угла раскрытия челюстей приведет к снижению его зачерпывающей спо-

способности. Зачерпывание смерзшегося сыпучего материала (ССМ) происходит при повороте челюстей относительно вертикали. Грейфер заглубляется в ССМ на величину начального заглубления  $Y_0$  (рис. 1). Дальнейшему заглублению препятствуют силы лобового сопротивления, силы трения материала о внутренние и наружные поверхности челюстей грейфера. Повороту челюсти относительно шарнира  $O_1$  в момент зачерпывания груза оказывают сопротивление сила пассивного давления (отпора), силы трения контура челюсти (днища и двух боковин) о ССМ и силы трения в шарнирных соединениях челюсти. Рассматриваются вертикальные и горизонтальные составляющие перечисленных усилий.

Определяется равнодействующая сил сопротивления зачерпыванию, направление и место ее приложения.

Силы сопротивления рассчитываются при номинальной зачерпывающей способности, когда коэффициент заполнения челюстей равен единице.

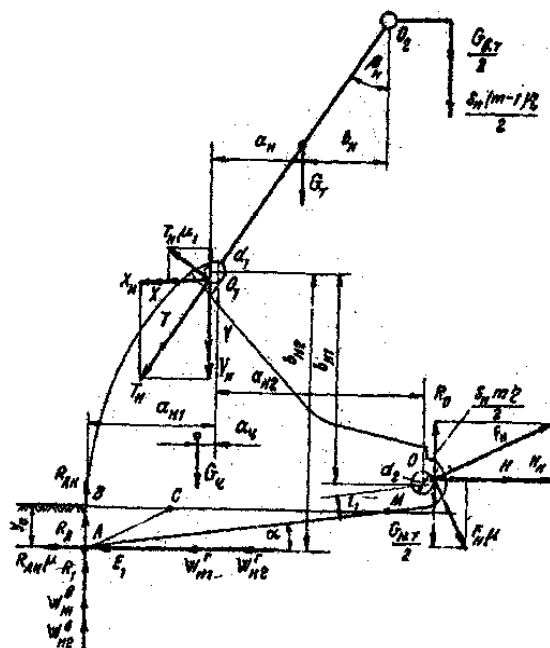


Рис.1. Схема для определения сил сопротивления зачерпыванию в начальный момент поворота челюсти грейфера

УДК 623.19.47

М.Б. АЛЬПЕРТ, Р.А. ДОРОФЕЕВ, А.А. КОШУРИНА

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При работах, связанных с сооружением земляного полотна и любых других инженерно-технических работах, необходимо постоянно вести контроль качества. От качества сооруженного земляного полотна зависит срок его эксплуатации, надежность других объектов (например, зданий), которые непосредственно связаны с данным земляным полотном и безопасность людей. Чтобы достичь максимального качества работ, необходимо вести постоянный контроль результатов на всех этапах работы.

1. До начала работ по сооружению земляного полотна должно быть проверено соответствие принятых в проекте и действительных показателей состава (крупность частиц, пластичность глинистых грунтов) и состояния (влажность, плотность) грунтов в карьерах, резервах, выемках, естественных основаниях. При наличии в зоне работ склонов и откосов

круче 1 : 3, а также слабых грунтов следует проверять нивелированием отсутствие осадков и сдвигов земляного полотна в период строительства.

2. При операционном контроле качества сооружения земляного полотна следует проверять:

- правильность размещения осевой линии поверхности земляного полотна в плане и высотные отметки;
- толщину снимаемого плодородного слоя грунта;
- плотность грунта в основании земляного полотна;
- влажность используемого грунта;
- толщину отсыпаемых слоёв;
- однородность грунта в слоях насыпи;
- плотность грунта в слоях насыпи;
- ровность поверхности;
- поперечный профиль земляного полотна (расстояние между осью и бровкой, поперечный уклон, крутизну откосов);
- правильность выполнения водоотводных и дренажных сооружений, прослоек, укрепления откосов и обочин.

3. Проверку правильности размещения оси земляного полотна, высотных отметок, поперечных профилей земляного полотна, обочин, водоотводных и дренажных сооружений и толщин слоёв следует производить не реже чем через 100 м (в трёх точках на поперечнике), как правило, в местах размещения знаков рабочей разбивки с помощью геодезических инструментов и шаблонов. Плотность грунта следует контролировать в каждом технологическом слое по оси земляного полотна и на расстоянии 1,5–2,0 м от бровки, а при ширине слоя более 20 м – также в промежутках между ними. Контроль плотности грунта необходимо производить на каждой сменной захватке работы уплотняющих машин, но не реже чем через 200 м при высоте насыпи до 3 м и не реже чем через 50 м при высоте насыпи более 3 м. Контроль плотности верхнего слоя следует производить не реже чем через 50 м.

4. Контроль влажности используемого грунта следует производить, как правило, в местах его получения (в резерве, карьере) и не реже одного раза в смену и обязательно при выпадении осадков.

5. Плотность и влажность грунта следует определять по ГОСТ 5180–84. Для текущего контроля допускается использовать ускоренные и полевые экспресс-методы и приборы.

6. Однородность грунта следует контролировать визуально. При изменении однородности грунта его тип, вид и разновидность следует определять по ГОСТ 25100-82.

7. Ровность поверхности земляного полотна контролируется нивелированием по оси и краям в трёх точках на поперечнике не реже чем через 50 м. Поверхность основания земляного полотна и промежуточных слоёв насыпи в период строительства не должна иметь местных углублений, в которых может застаиваться вода.

УДК 623.19.47

М.Б. АЛЬПЕРТ, Р.А. ДОРОФЕЕВ, А.А. КОШУРИНА

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ АСФАЛЬТОСМЕСИТЕЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технологическое оборудование для приготовления асфальтобетонных смесей на дорожном рынке в России более чем на 80% представлено асфальтосмесителями Кременчугского завода дорожных машин типа ДС-158. Отсутствие достаточных средств на техническое перевооружение не позволяет дорожным организациям произвести быструю замену технологического оборудования на более производительное и современное, полностью отвечающие

высоким требованиям к качеству асфальтобетонной смеси и экологии. Но существует комплекс мер, который позволяет довести технические возможности асфальтосмесителей ДС-158 до уровня современных, и таким образом выжить на рынке дорожных услуг.

### **Первый этап модернизации**

1. Модернизация питательного узла – четыре бункера-питателя и отдельное складирование инертных материалов позволяют работать на узких фракциях щебёночных материалов, что необходимо при производстве качественных смесей любых марок;

2. Газификация асфальтосмесителей стала нормой и в комплексе с установкой рукавного фильтра типа ЦА-256-3.АБЗ (ЗАО «Спейс-мотор» г. С. Петербург) позволяет соответствовать требованиям существующих норм по экологии (при концентрации пыли на входе в систему пылеулавливания смесителя ДС-158 – 40-45 г/м<sup>3</sup>, концентрация пыли на выходе из системы – 35 мг/м<sup>3</sup>);

3. Точность дозирования компонентов:

- инертных материалов – 2%;
- минерального порошка – 1%;
- дозирования нефтебитума – 1% (весовое дозирование), что полностью соответствует точности дозирования компонентов у зарубежных производителей (точность дозирования согласно ГОСТ 9128-84: минеральная часть – 3%, минеральный порошок, нефтебитум – 1%, в ГОСТ 9128-97 раздел точности дозирования отсутствует);

- скорость набора и выгрузки минерального порошка (за счёт оригинальной системы аэрации), позволяет уложиться в цикл при выпуске и литых смесей, в которых содержание минерального порошка достигает 22%;

- система дозирования нефтебитума позволила получить фактическую точность дозирования 0,5% (погрешность составила 250 г на замес), что соответствует методике лабораторных подборов;

- не следует забывать, что дозирование минерального порошка должно осуществляться в обязательном порядке через отдельную технологическую линию. Часто пытаются осуществлять дозировку минерального порошка через весовой бункер инертных материалов – это ошибка, так как даже на современных смесителях точность дозирования инертных материалов ниже требуемой для минерального порошка (2% для инертных материалов и 1% для минерального порошка).

### **Второй этап модернизации**

1. Следует отметить проблему, с которой сталкивается любой эксплуатационник – отсутствие узких фракций щебёночных материалов (отставание рынка от растущих потребностей производителей), что неизбежно приводит при производстве смесей к нехватке или переполнению секций промежуточного бункера и как следствие вызывает сбой в работе асфальтосмесителя. Эта проблема комплексная, так как связана и с недостаточным количеством кубовидных щебней узких фракций, и с несовершенством конструкции асфальтосмесителя – ёмкость промежуточного бункера крайне мала и не позволяет из-за отсутствия указателей уровня в промежуточном бункере и дистанционной регулировки питателей загрузочных бункеров оперативно корректировать количество материалов в секциях промежуточного бункера.

2. Для обеспечения устойчивой работы асфальтосмесителя в автоматическом режиме при приготовлении асфальтобетонной смеси особого внимания требует предварительное дозирование инертных материалов, возможность оперативного дистанционного вмешательства – корректировки дозируемых материалов.

Загрузочные бункера-питатели должны иметь дистанционную регулировку, что позволяет оператору оперативно обеспечивать необходимое количество материалов в промежуточном бункере.

3. Достаточное количество песчаных и щебёночных компонентов смеси после отгροхотки – главенствующий фактор.

Целесообразно увеличить промежуточный бункер. Эта модернизация не является очень сложной и при грамотном шефмонтаже может быть выполнена собственными силами.

В промежуточном бункере инертных материалов, после грохота, должно быть условно среднее количество материалов, обеспечивающее бесперебойную работу смесителя в автоматическом режиме. Для достижения этого промежуточный бункер должен иметь указатели уровня инертных материалов по всем секциям.

Комплекс перечисленных мероприятий позволяет продлить срок службы асфальтосмесителей ДС-158 и соответствовать растущим требованиям к качеству асфальтобетонных смесей.

УДК 623.19.47

М.Б. АЛЬПЕРТ, Р.А. ДОРОФЕЕВ, А.А. КОШУРИНА

## ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИКИ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для обеспечения ровности устраиваемых асфальтобетонных слоёв (а она влияет как на комфорт и безопасность движения, так и на долговечность дороги) необходимо при работе свести человеческий фактор к минимуму. Только оборудование асфальтоукладчика современными системами нивелирования и различными датчиками позволяют достичь этой цели и добиться хороших результатов в укладке асфальтобетонных слоёв.

**Малая лыжа – 0,3 м** (рис. 1)– используется только в кривых малого радиуса и при необходимости копировать неровности базовой поверхности.

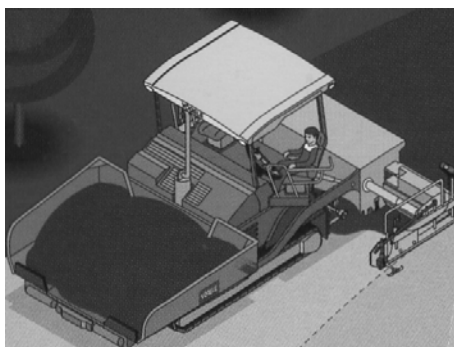


Рис. 1. Малая лыжа



Рис. 2. Большая лыжа

**Большая лыжа – 0,8 м** (рис. 2) – используется в кривых большого радиуса или на прямых участках.

**Длинная буксировочная труба – 7 м** (рис. 3) – используется в тех случаях, когда требуется высокая ровность поверхности.

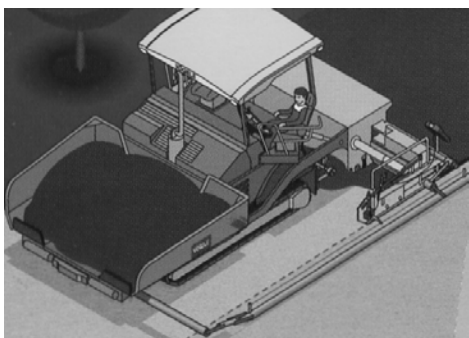


Рис. 3. Длинная буксировочная труба

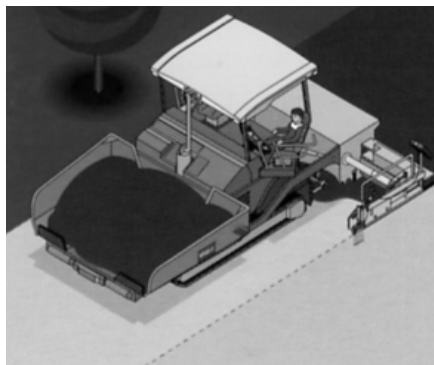
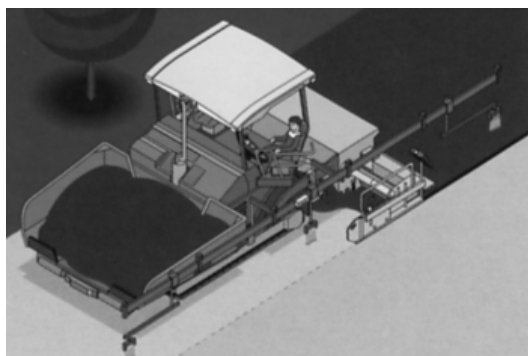


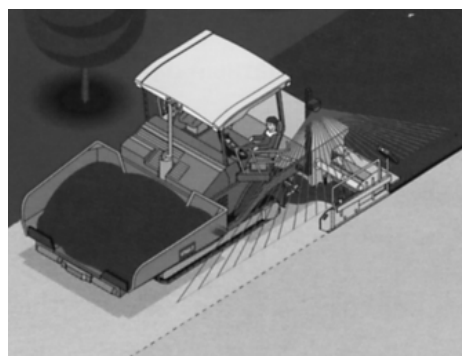
Рис. 4. Ультразвуковой широкозахватный датчик (слежение за покрытием)

**Ультразвуковой широкозахватный датчик (слежение за покрытием)** (рис. 4). При использовании этого датчика в режиме слежения за поверхностью грунта, он излучает три ультразвуковых сигнала, которые после отражения от грунта позволяют рассчитать расстояние до него. Среднее значение, рассчитанное по трём сигналам, передаётся в систему нивелирования. Рабочую точку датчика можно регулировать, что позволяет монтировать его на высоте от 30 до 55 см над грунтом.

**Датчик «Big MultiPlex Ski»**(рис. 5) - при установке трёх ультразвуковых датчиков друг за другом слежение за базой возможно одновременно в нескольких, расположенных друг за другом точках. По результатам измерений в этих точках автоматика нивелирования рассчитывает виртуальную базу. Благодаря этому точность измерений повышается. Датчик «Big MultiPlex Ski» имеет преимущество при компенсации длинных волновых неровностей в случае отсутствия абсолютной базы.



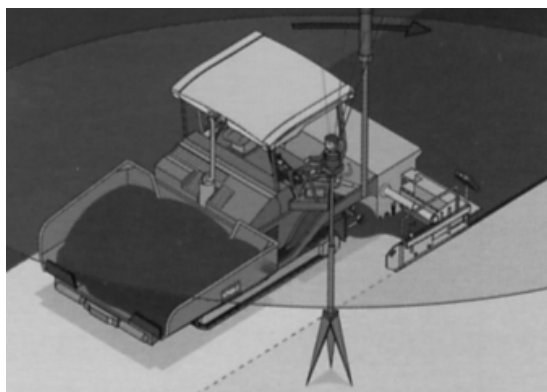
**Рис. 5. Датчик «Big Multi Plex Ski»**



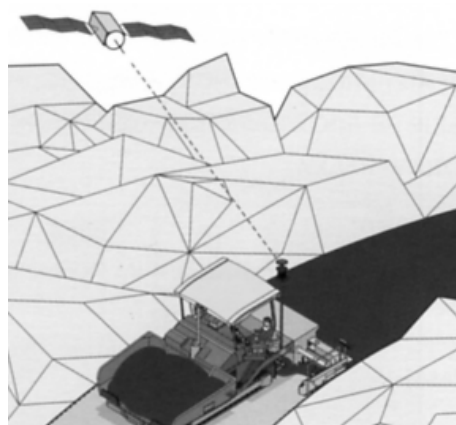
**Рис. 6. Датчик «Road Scan System»**

**Датчик «Road Scan System»**(рис.6) применяется для бесконтактного слежения за грунтом на больших площадях. Рекомендуется для слежения за поверхностью на большом расстоянии с последующим усреднением результатов измерений.

**Вращающийся лазер** (рис. 7). Вращающийся лазерный луч «строит» плоскость, которая фиксируется соответствующим приёмником. При потере приёмником сигналов от этой плоскости в систему нивелирования подаётся соответствующая информация. Таким образом, образованная лазером плоскость играет роль базы для регулирования высоты укладки. Вращающийся лазер следует использовать на площадях с постоянным уклоном в продольном и поперечном направлениях.



**Рис. 7. Вращающийся лазер**



**Рис. 8. Система «Navitronic Plus»**

**Система «Navitronic Plus»**(рис. 8) - расширяет автоматiku нивелирования до измерений по трём координатам (3D). Это означает, что с помощью цифровых картографических данных, кроме толщины укладываемого слоя, можно автоматически управлять также шириной и направлением укладки. Эта бесконтактная система нивелирования и навигации может



работать с навигационными системами многих известных фирм. При этом для навигации можно использовать систему GPS. Система «Navitronic Plus» применяется на строительных площадках, где отсутствует какая-либо база (бортовой камень, водостоки и т.п.), а также при строительстве многополосых покрытий (дорог, площадок, взлётно-посадочных полос и т.п.).

Для подготовки новых высококвалифицированных кадров и повышения квалификации существующих было разработано методическое пособие по технологии укладки асфальтобетонных смесей, которое может так же применяться и для дистанционного обучения. Данное методическое пособие прошло апробацию на усвояемость материала среди студентов старших курсов.

УДК 621.867

Л.В. КАБАЕВА, Т.Ю. СУРОВЕГИНА, И.С. НИКАНДРОВ

### **РАЗРАБОТКА АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ ОПУСКАНИЯ НИЖНЕЙ ТРАВЕРСЫ ГРЕЙФЕРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал им. Р. Е. Алексеева)

Известно, что при зачерпывании сыпучего материала грейфером основная часть энергии расходуется на уплотнение материала (22-30%), на трение материала по днищу челюсти (до 30%) и на внутреннее трение частиц материала при его сжатии и выдавливании (~25%).

Первая составляющая при вибровоздействии не может быть изменена, поскольку максимальная плотность материала в грейфере при этом остается равной максимальной плотности при зачерпывании без воздействия вибрации.

Две другие составляющие могут быть при воздействии вибрации снижены.

Грейфер, поднятый краном и перемещенный к точке выгрузки, обладает значительным запасом потенциальной энергии. Эксергетический потенциал элементов грейфера используется в том числе и на силовое внедрение режущих кромок челюстей в смерзшийся материал при опускании раскрытого грейфера на груз.

Для использования эксергетического потенциала раскрытия челюстей грейфера при разгрузке предложено внутри полой оси шарниров грейфера устанавливать торсионный вал или использовать пружинный аккумулятор энергии раскрытия челюстей, устанавливаемый на валу шарниров грейфера. В этом случае удастся утилизировать и полезно использовать ~3 кВт энергии раскрытия челюстей, что составляет ~17% эксергетического потенциала.

Однако эффективность использования пружинных аккумуляторов неоднозначна. Создание противоположного раскрытию челюстей крутящего момента противодействует полному раскрытию челюстей, снижая угол раскрытия их на  $1-8^{\circ}$ . А это, в свою очередь, дополнительно препятствует внедрению режущих элементов в смерзшуюся корку.

Более полная утилизация энергии опускания нижней траверсы достигается при использовании ее для привода дебалансов вибраторов.

Разработана конструкция аккумулятора энергии опускания нижней траверсы и челюстей при выгрузке материала. В отличие от известных попыток утилизации энергии разработанное решение не препятствует полному раскрытию челюстей и не налагает дополнительные усилия на замыкающий канат. Основу конструкции составляет маховик, приводимый во вращение при опускании траверсы. После завершения опускания вращающийся маховик размыкается от сектора, установленного на шарнире челюстей. После силового внедрения челюстей в слой перегружаемого груза с началом натяжения замыкающего каната и с началом зачерпывания маховик, соединяясь со звездочкой привода дебаланса, раскручивает дебаланс вибратора, обеспечивая за счет вибрации челюстей облегчение зачерпывания. Дана методика расчета аккумулятора.

УДК 629.19.4

Е.В. БУГРОВА

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ ПАЛУБНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ МОРСКИХ ТАНКЕРОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современное судостроение является динамично развивающейся сферой инженерной деятельности. Поскольку суда становятся сложнее и расходы на их эксплуатацию растут, то все более актуальным становится вопрос о снижении стоимости постройки судна, что в свою очередь зависит от количества материала, использованного при строительстве. В связи с этим проектирование оптимальных конструкций корпуса судна является актуальной научно-инженерной задачей.

Задача оптимизации судовых перекрытий имеет много аспектов, но в данной работе исследована оптимизация сечения балок набора. Судно проектируется под надзором многих контролирующих организаций, таких как МРС, РРР, МАРПОЛ, СОЛАС и т.д., поэтому его конструкция имеет регламентированную геометрию. Этот аспект существенно снижает варьированность направлений оптимизации. Анализ конструкции различных судов показал, что наиболее распространены перекрытия с 1, 2 и 3 перекрестными связями, поэтому исследования проводились для подобных перекрытий.

Задачей данного исследования является разработка эффективной методики расчета и оптимизации перекрытий танкеров и реализация полученной методики в виде программного комплекса. Для решения этой задачи был проведен анализ существующих методик расчета перекрытий. Наиболее распространенным методом, реализованным в большинстве расчетных систем, является метод конечных элементов. Он позволяет рассчитывать объекты практически любой геометрии и сложности. При этом в нем имеется один существенный недостаток – для расчета по МКЭ необходимо определять геометрию объекта, что требует много времени. В настоящей работе предложено использовать метод приравнивания прогибов, который имеет простую реализацию на ПК и минимум времени для подготовки входной информации. Подобный подход делает предложенную методику особо подходящей для расчета относительно простых объектов.

Поскольку геометрия корпуса задана, то наиболее актуальным направлением оптимизации является подбор наиболее оптимальных сечений балок набора. В работе для этого применен метод простого перебора с ограничениями. Под ограничениями подразумеваются пропорции балок, если речь идет о таврах. Целевая функция оптимизации – минимум массы.

На основе предложенной методики была разработана расчетная программа в среде программирования Delphi. Программа позволяет рассчитывать судовые перекрытия и подбирать оптимальное сечение набора перекрытия. Программа была использована для расчета нескольких проектов судов и показала правильность и эффективность полученных результатов.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ СУДОВ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ОБЩЕЙ ПОЛНОТЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Форма судовой поверхности во многом определяет мореходные и эксплуатационные качества судна, поэтому ее эффективное проектирование является важной научно-инженерной задачей. В современном судостроении наблюдается тенденция к увеличению коэффициента общей полноты судов, особенно судов смешанного плавания, что влечет за собой необходимость дополнительных исследований в данной области. Одним из наиболее эффективных приемов проектирования является параметризация создаваемого объекта, в нашем случае геометрии корпуса судна.

Целью параметризации процесса проектирования является возможность управления результатом путем изменения параметров. В общем случае все аналитические методы проектирования в той или иной степени являются параметрическими, поскольку применяемые в них уравнения содержат параметры. Параметризация тем эффективнее, чем более "физичны" параметры, участвующие в проектировании. В разное время параметрический метод развивали многие отечественные и зарубежные ученые, такие как Л.М. Ногид, А.Б. Карпов и др.

В настоящей работе сделана попытка параметризовать геометрию корпуса судна как в целом, так и всех обводов (ватерлинии, батоксы и шпангоуты) по отдельности. Основными параметрами формы корпуса являются коэффициенты полнот ( $\delta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  и т.д.) и относительные длины оконечностей (безразмерные величины, характеризующие обвод). В качестве вспомогательных параметров используются коэффициенты полнот оконечностей корпуса и отдельных обводов. Ватерлинии, батоксы и корпус в целом разбивается на носовую и кормовую оконечности и цилиндрическую вставку.

Для параметризации геометрии корпуса определены:

Коэффициенты полнот площадей (КПП):

- $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – КПП ватерлинии, шпангоута и батокса соответственно;
- $\alpha_{но}$ ,  $\alpha_{ко}$  – КПП носовой и кормовой оконечности ватерлинии;
- $\gamma_{но}$ ,  $\gamma_{ко}$  – КПП носовой и кормовой оконечности батокса;
- Коэффициенты полноты (КП):
- $\delta$ ,  $\varphi$ ,  $\psi$  – КП общей, продольной и вертикальной соответственно;
- $\delta_{но}$ ,  $\delta_{ко}$  – коэффициент общей полноты носовой и кормовой оконечности;
- $\varphi_{но}$ ,  $\varphi_{ко}$  – коэффициент продольной полноты носовой и кормовой оконечности;
- $\psi_{но}$ ,  $\psi_{ко}$  – коэффициент вертикальной полноты носовой и кормовой оконечности.

Относительные длины оконечностей:

- $l_{но}$ ,  $l_{ко}$  – относительная длина носовой и кормовой оконечности.

Для построения всего комплекса судовых обводов необходимо иметь в наличии главные размерения корпуса ( $L$ ,  $B$ ,  $T$ ,  $H$ ), коэффициенты полнот ( $\delta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  и т.д.) и вспомогательные зависимости (строевые по шпангоутам и ватерлиниям). Используя эти параметры и какой-либо метод описания обводов (например, параболлами) можно получить судовую поверхность с заданными свойствами. Применение описанной методики на нескольких проектах показала адекватность и эффективность предложенного подхода к проектированию.

## ВЫБОР ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Современное судно – сложная техническая система, представляющая собой совокупность большого числа элементов, объединенных одной целью – решение задачи, поставленной перед судном с наибольшей эффективностью. В качестве задачи, поставленной перед транспортным судном, следует понимать перевозку заданного количества груза, по заданному маршруту, с заданной скоростью.

На начальных этапах проектирования судна принимаются наиболее важные и значимые технические решения. В процессе проектирования обосновываются размеры судна, выбор типоразмерных рядов главного и вспомогательного оборудования. Обоснование любого проектного решения требует построения модели эффективности рассматриваемой технической системы с учетом ее конструктивных и эксплуатационных особенностей и выбора глобального критерия эффективности.

Современное судно должно удовлетворять следующим требованиям: эксплуатационно-техническим, производственно-техническим, производственно-экономическим, эксплуатационно-экономическим.

Оптимизация обоснования подсистем судна при проектировании должна выполняться при условии, что критерии оптимизации подсистемы и ограничения, накладываемые на нее, согласованы с основным критерием и ограничениями всей системы судна.

Задача при этом заключается в том, чтобы найти такое сочетание элементов, при котором функция критерия эффективности судна достигает экстремального значения при одновременном выполнении требований к его качествам (остойчивости, непотопляемости, грузовместимости, прочности и т.д.).

При решении задачи внутреннего проектирования задача оптимизации сводится к нахождению оптимальных элементов судна (вектор  $\bar{x}$ ) при заданной грузоподъемности и скорости хода. При этом область допустимых значений элементов судна определяется следующей системой выражений, описывающих требования:

- к плавучести судна

$$D(\bar{x}) - \sum_i P_i(\bar{x}) = P_2,$$

- к грузовместимости

$$W_{\bar{a}}(\bar{x}) \geq \mu_{\bar{a}} P_{\bar{a}},$$

- к минимальному значению надводного борта

$$H - T \geq F_{\min}(\bar{x}),$$

- к нижнему пределу начальной метацентрической высоты

$$\frac{h^{\min}}{B}(\bar{x}) \geq \left(\frac{h}{B}\right)_{\min},$$

- к верхнему пределу начальной метацентрической высоты

$$\frac{h^{\max}}{B}(\bar{x}) \leq \left(\frac{h}{B}\right)_{\max},$$

- к расчетной скорости судна

$$v(\bar{x}) = v_s,$$

- к максимальной осадке

$$T \leq T_{\max},$$

- к максимальной ширине

$$B \leq B_{\max},$$

- к максимальной длине

$$L \leq L_{\max}.$$

При выборе критериев эффективности судов необходимо учитывать и такие свойства судов как: мореходные (плавучесть, ходкость, мореходность, управляемость, непотопляемость), потребительские (провозоспособность и т. п.), технологические (экономичность, технологичность и т. п.), эксплуатационные (автономность, безопасность плавания и надежность).

При оценке эффективности принимаемых решений можно использовать критерии приведенных и дисконтированных затрат.

Приведенные затраты представляют собой сумму текущих затрат и капитальных вложений приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности капиталовложений:

$$ЗП_i = C_i + E_H \cdot K_i \rightarrow \min,$$

где  $i$  – индекс варианта;  $C_i$  – текущие затраты (себестоимость);  $E_H$  – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капиталовложений;  $K_i$  – капиталовложения.

Эффект от создания судна реализуется потребителем в процессе эксплуатации судна, поэтому при оптимизации судна минимизируются приведенные затраты на строительство и эксплуатацию судна. При выборе технологической схемы производства судна или при постройке судна на экспорт естественно минимизировать приведенные затраты на строительство судна.

Возможность применения критерия приведенных затрат обусловлена двумя условиями, допускающими статический подход. Предполагается, что:

- 1) эксплуатационные расходы со сроком службы сооружения не изменяются;
- 2) капиталовложения выполняются одновременно в год, предшествующий началу эксплуатации, или продолжительность строительства невелика и рассредоточенность затрат по времени строительства можно не учитывать.

В случаях одновременности капиталовложений в суда, различий в сроках строительства вариантов судов (особенно стапельных и портовых сооружений) применяют вторую, динамическую форму критерия — дисконтированные затраты.

Рассматривается бесконечный периодический процесс создания, эксплуатации, слома и воссоздания судов с периодом  $T_{сл}$ . Если пренебречь учетом ликвидной стоимости, то выражение для критерия минимума суммарных дисконтированных затрат за один период  $T_{сл}$ , приведенных к началу периода, получит следующий вид:

$$K_{\Pi} + \sum_{t=1}^{t=T_{сл}} \frac{K_t + C_t}{(1 + E_{\Pi\Pi})^t} \rightarrow \min,$$

где  $K_{\Pi}$  – первоначальные капиталовложения,  $K_t$  – капиталовложения в  $t$ -й год эксплуатации,  $t = 1, 2 \dots T_{сл}$ ;  $C_t$  – текущие затраты в  $t$ -й год эксплуатации.

Таким образом, критерий в этой форме формулируется как минимум суммарных дисконтированных (приведенных по времени к единому моменту) затрат за срок службы технического средства.

В заключение хочется отметить, что от принятых на ранней стадии решений зависят экономические показатели построенного судна. Но не следует забывать о том, что судно будет оптимальным только в строго определенных условиях и при изменении этих условий судно может уступать аналогам. Поэтому при обосновании выбора характеристик необходимо проанализировать полученный результат на устойчивость при изменении различных факторов.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

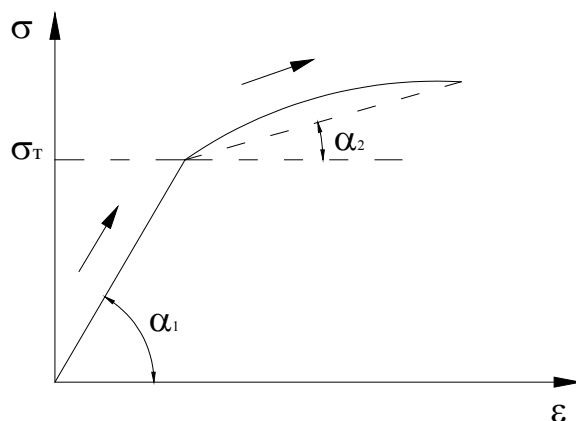
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Реки и многие моря России в зимнее время оказываются скованными льдом, что осложняет транспортировку грузов в зимнее время по воде. Для очистки рек от льда необходимо использование специальных средств. Относительно новым техническим средством для разрушения льда являются ледокольные суда на воздушной подушке (ЛСВП).

Наибольший интерес для обеспечения транспортных перевозок представляет использование ЛСВП для создания судоходного канала. Основной задачей при проектировании таких транспортных средств является определение величины давления в ВП, приводящее к гарантированному пролому, при данной площади ВП и толщине льда, а также определение таких соотношений размеров ВП, которое приводит к минимальным затратам энергии на разрушение. Большинство СВП имеют в плане прямоугольную форму, поэтому требуется определить отношение длины ВП к ширине. Расчетной схемой для определения напряженно-деформированного состояния (НДС) является модель тонкой однородной изотропной упругой жесткой пластины постоянной толщины, лежащей на упругом основании. Как показали эксперименты, работа на образование первой трещины незначительна. Лед при образовании целого ряда трещин способен выдерживать значительную нагрузку. Это объясняется тем, что при образовании трещин их берега взаимодействуют и появляются усилия распора.

Аналитическое решение задачи о разрушении льда крайне сложно и приводит к громоздким формулам, использование которых в практических целях затруднительно. Кроме того, такие решения имеются только для крайне простых границ нагружения. В практических расчетах целесообразно использовать численные методы.

Метод конечных элементов позволяет учесть любую форму границ ледяного покрова и приложения нагрузки. Для учета образования трещин и изменения свойств материала можно применить модель упругого материала с линейным упрочнением. Вид диаграммы деформации такой пластины показан на рис. 1.



**Рис. 1. Характерная диаграмма деформирования упругого материала с линейным законом упрочнением**

Данный подход позволяет учесть любые формы границ ледяного покрова и нагрузки и результаты могут быть использованы при определении величины проломной нагрузки и отношения главных размерений ледокольных СВП.

Для определения проломной нагрузки необходимо знать значения  $\sigma_T$  и  $E_1 = \operatorname{tg} \alpha_1$ . Они могут быть определены по результатам натурных экспериментов.

В качестве примера можно привести пролом ледяной пластины толщиной  $h=0,22$  м нагрузкой, равной  $P_{пр}=134$  кН с помощью круглого штампа площадью  $S=2$  м<sup>2</sup>. При этом нагрузка прикладывалась достаточно медленно (1 см/сек). Прогиб под этой нагрузкой составляет  $w=0,182$  м. Модуль упругости  $E=5000$  МПа, коэффициент Пуассона  $\nu=0,36$ . В виду отсутствия четко выраженного пика на диаграмме  $\sigma_T$  выбраны по графику, предложенному В.В. Лавровым и равны 1 МПа. В результате опытов было получено  $E_1 = 0,14 \cdot E$ . При этом  $w=0,185$  м, т.е. погрешность менее 2%. Были определены напряжения при этой нагрузке. Далее на этом же поле при площади нагрузки 23 м<sup>2</sup> прикладывалось усилие в виде круга и прямоугольника с отношением сторон  $a/b$  равным 1; 2,25 и 4 соответственно. Расчеты показали что наименьшее давление, необходимое для пролома льда, соответствует нагрузке в виде круга, а давление, вызывающие такие же напряжения при приложении прямоугольной нагрузки, больше чем для круглой в 1,22 раз для  $a/b=1$ , в 1,27 раза для  $a/b=2,25$  и в 1,38 раза для  $a/b=4$ .

УДК 621

А.Э. РАССАДИН, М.Л. ДЕМЕНТЬЕВА

### СИНТЕЗ ВЕРТОЛЁТНОГО КОМПЛЕКСА ЛЕДОВОЙ РАЗВЕДКИ МОРФОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Нижегородское региональное отделение НТОРЭС им. А. С. Попова

Освоение Россией богатств шельфа Северного Ледовитого океана (нефть, газ, алмазы, золото, платина, никель и. т. д.) напрямую связано с развитием арктической зоны Российской Федерации. Для успешного решения задач развития русской Арктики необходимо повышать качество ледовой разведки при проводке караванов по Северному морскому пути во время Северного завоза.

Как правило, караваны по Северному морскому пути ведут атомные ледоколы серии АРКТИКА, каждый из которых имеет вертолётную площадку на два вертолётa соосной схемы Ка-32С. Это даёт возможность организовать бистатический режим съёмки в радиолокационном обзоре ледового покрова, а в случае наличия в караване двух ледоколов серии АРКТИКА (или иных судов, несущих вертолётa) — и многопозиционную систему с синтезированием апертуры антенны, в которой зондирование ледового покрова осуществляется с использованием передатчика, расположенного на одном из вертолётa, а приём отражённого сигнала — приёмными устройствами, расположенными на других вертолётaх. Эта схема обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционной однопозиционной радиолокационной станцией с синтезированием апертуры антенны на воздушном носителе. Таким образом, встаёт вопрос о синтезе системы аэрокосмического мониторинга для решения задачи проводки судов в арктических льдах по предложенной схеме.

Базовым методом принятия решений по структурной оптимизации объектов любой природы при отсутствии формализации задачи (нет математического описания модели в виде совокупности математических уравнений, неравенств и т. д.) является морфологический метод синтеза. Сущность этого метода состоит в формировании так называемой морфологической матрицы, однозначно характеризующей внутреннюю структуру исследуемой системы, с последующей специфической обработкой данных этой матрицы. Ввиду сложности формулировки для системы ледовой разведки квалитетических критериев качества морфологическая матрица заполняется экспертными оценками (как правило, используется девятибальная шкала). Максимизация определённым образом составленных линейных комбинаций этих оценок и даёт оптимальную структуру системы. Компьютерную реализацию морфологического метода для синтеза вертолётного комплекса ледовой разведки целесообразно делать на базе системы компьютерной математики MATLAB, которая позволяет создавать удобные графические интерфейсы пользователя в виде оконных Windows-приложений.

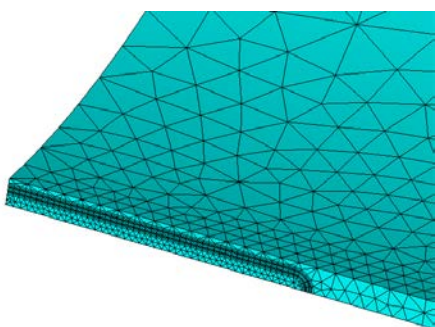
## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН В ЗАДАЧАХ РАЗРУШЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Решается задача определения разрушающих нагрузок для тонкостенных конструкций (сосудов давления и труб), содержащих несквозные дефекты типа трещин.

В качестве критерия разрушения конструкции используется критерий раскрытия трещины. Для определения раскрытия несквозной трещины используется метод конечных элементов. Задача решается в физической и геометрической нелинейной постановке с использованием трехмерных элементов.

Раскрытие трещины определяется методом экстраполяции смещений берегов трещины на ее вершину.



**Рис. 1. Конечно-элементная модель фрагмента сосуда давления, содержащего трещину**

Получено удовлетворительное совпадение результатов численного решения с данными расчета по модели Дагдейла для случая сквозных и поверхностных трещин в пластине и оболочке.

Результаты расчета величины критического раскрытия трещины сравниваются с данными натурального эксперимента по разрушению труб. Также результаты данного вычислительного эксперимента показывают, что в вершине трещины в результате стеснения пластических деформаций максимальные растягивающие напряжения могут превышать предел прочности материала.

Показана возможность использования полученной методики расчета раскрытия несквозных дефектов для предсказания разрушения трубопроводов и сосудов давления.

Также был выполнен анализ раскрытия трещины в условиях циклического нагружения. Результаты расчета позволяют определить размах циклических пластических деформаций в вершине трещины и на основе модели малоциклового усталости прогнозировать ресурс работы конструкции до образования течи.

Показана возможность использования полученной методики расчета раскрытия несквозных дефектов для предсказания разрушения трубопроводов и сосудов давления.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОДЛЕНИЯ НАВИГАЦИИ В РАЙОНЕ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ С ПОМОЩЬЮ СУДНА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Алексеева

В настоящей работе дано предварительное технико-экономическое обоснование применения ледокольных платформ на воздушной подушке для разрушения льда и продления навигации на средней Волге.

Существенным недостатком речного транспорта является сезонность работы. Это отрицательно влияет на эффективность использования трудовых и материальных ресурсов.

Создание ледового канала в продленный или круглогодичный период навигации производится в основном ледоколами, которые, несмотря на свою универсальность, имеют и значительные недостатки: низкую эффективность ледокола как механизма разрушения льда,



создание недостаточно очищенного ледового канала, высокую строительную стоимость и высокие эксплуатационные затраты.

Применение ледокольных судов на воздушной подушке позволяет в известной степени существенно расширить возможности ледокольных средств.

Анализ ледовых условий на Средней Волги показал, что средняя толщина ледяного покрова составляют 45-70 см, максимальная 60-105 см, минимальная 25-50 см. Толщина льда на Горьковском водохранилище редко превышает 80 см.

Как вариант рассматривается ледокольная платформа на воздушной подушке в счале с буксиром, который имеет следующие преимущества: низкие энергетические затраты и достаточную скорость при разрушении льда, хорошую маневренность, возможность работы на не ограниченных глубинах, а так же в заснеженном и торосистом льду.

В ходе работы было разработано СПВ с характеристиками:  $L=17$  м,  $B=17$  м,  $H=2,5$  м, что позволяет проводку судов шириной до 16,5 м.

В качестве толкающего судна наиболее подходящими, с точки зрения развиваемой силы тяги, является буксир мощностью 1050 кВт, класс «М – пр (лед) А», проект № С07521 [25]. Основные характеристики данного следующие: длина судна габаритная 50,2 м, ширина судна габаритная 10,4 м, высота борта 3,5 м, высота надводного борта 1,05 м.

УДК 629.124.791.2.039

В.А. ЗУЕВ, А.К. ВЕРИНА

## ПРОДЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВО ЛЕДОВЫХ РАБОТ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДОВ В ОБСКО-ТАЗОВСКОЙ ГУБЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Алексеева

Для освоения и разработки топливно-энергетических месторождений Обско-Тазовской губы было разработано новое средство продления навигации – ледокольная приставка на воздушной подушке (далее ЛПВП). На акваториях Обской и Тазовской губ, где был получен промышленный приток газа и открыты новые крупные месторождения углеводородов, навигация в среднем проходит с середины июля до начала октября (4 месяца).

Идея отказа от традиционных ледоколов и разработка нестандартного метода разрушения льда были вызваны рядом причин:

- осадка судов для данного района 2,5 м;
- существующие малые дизельные ледоколы не могут преодолеть заданную толщину льда 1,5 м;
- низкая эффективность ледокола как механизма разрушения льда, это наглядно показано на рис. 1;

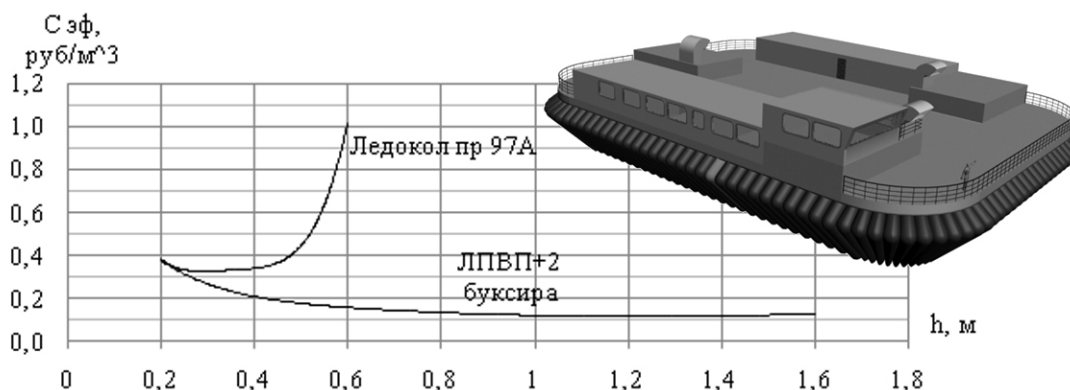


Рис. 1. Экономическая эффективность

- канал за речными ледоколами сильно засорен битым льдом;
- высокая строительная стоимость ледоколов;
- высокие эксплуатационные расходы ледоколов.

Основные характеристики ЛПВП: длина (без ГО) 40,0 м; ширина (без ГО) 29 м; высота от опор до несъемных частей 6,0 м; подъемный комплекс – три вентилятора ВМ 20А; мощность привода нагнетательной установки  $3 \times 943$  кВт; рабочее давление вентилятора 11,5 кПа; расход воздуха одного вентилятора  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ ; скорость разрушения расчетной толщины льда 1,5 м составляет 2 м/с. ЛПВП приводится в движении двумя буксирами типа ASD серии, мощностью  $2 \times 820$  кВт каждый.

УДК 629.12.075

Н.В. КАЛИНИНА, И.А. АНДРИАНОВ

## ОЦЕНКА МАНЕВРЕННЫХ КАЧЕСТВ СУДОВ, ОБОРУДОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема прогнозирования управляемого движения судна является одной из наиболее сложных и наименее изученных проблем теории корабля. Управление перемещением судна по заданной траектории осуществляется с помощью движительно-рулевого комплекса (ДРК). Способность судна выполнять те или иные маневры, двигаться по определенной траектории с некоторой скоростью именуют его маневренностью. Если управляемость определяет принципиальную возможность выполнения заданного маневра судна, то маневренность связана с возможностью обеспечения заданной быстротечности этого маневра. Управляемость и маневренность определяют маневренные качества судна. Сам процесс выполнения маневров называют маневрированием судна.

Элементы ДРК, обеспечивающие судну заданные маневренные качества, выбирают в соответствии с техническим заданием на проектирование или в соответствии с нормами управляемости. При этом выбирают такой тип ДРК или комбинацию его элементов, которые обладают необходимыми гидродинамическими параметрами.

Наиболее распространенными на морских судах являются рули различных типов за гребными винтами. На судах внутреннего плавания широко распространены также поворотные насадки, многоперьевые системы рулей, рули со всевозможными закрылками, комбинации отдельных элементов этих систем. Число существующих модификаций ДРК достаточно велико.

Кроме того, при выборе и проектировании ДРК приходится руководствоваться не только необходимостью обеспечить судну заданные маневренные качества, но и рядом других требований, связанных с обеспечением ходкости судна, с условиями размещения ДРК, его защищенностью и т. д. Поэтому нельзя дать какие-либо рекомендации для однозначного выбора ДРК судна. Современным и наиболее эффективным ДРК на сегодняшний день являются винто-поворотные колонки (ВПК) и азиподы.

В работе расчет маневренных качеств судов проведен по методике Российского Речного Регистра, изложенной в руководстве Р.006-2004. Эта методика позволяет вести расчет для следующих типов ДРК: гребные винты в поворотных насадках; гребные винты в поворотных насадках и средний руль; рули за открытыми гребными винтами; рули за гребными винтами в насадках. Данная методика была адаптирована для расчетов маневренных качеств судов с винто-поворотными колонками. Алгоритмы расчетов автоматизированы в среде Delphi и оформлены как пакет программ «Маневренность судов».

С использованием указанного пакета были выполнены расчеты маневренных качеств буксира-толкача «Моряна» на класс \*М с характеристиками  $L \times B \times T = 29,2 \text{ м} \times 9 \text{ м} \times 3 \text{ м}$  для

четырёх типов ДРК: поворотные насадки, рули за открытыми винтами, гребные винты в поворотных насадках и средний руль; винто-рулевые колонки.

Проанализированы результаты расчета маневренных качеств судна с различными ДРК и представлен их анализ.

В качестве лучшего ДРК признаны полноповоротные винто-рулевые колонки с точки зрения одной из главных характеристик маневренности – поворотливости. Они способны уменьшить диаметр циркуляции, изменять направление упора в пределах  $360^\circ$  и тем самым обеспечивать маневренность и широкий диапазон методов буксировки. Их следует применять на речных судах в качестве основного ДРК, а также как подруливающего устройства.

УДК 629.12.075

Н.В. КАЛИНИНА, Д.Л. ШАЛЯВИН

### **ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДОВ ТИПА «ВОЛГА-ДОН»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Теплоходы типа «ВОЛГО-ДОН» различных вариантов (пр. 507, 507А, 507Б, 1565, 1565М и 1566) - одни из самых крупных судов внутреннего плавания, спроектированных на класс речного Регистра  $\text{ЖО}$ . Это большие сухогрузные суда, имеющие, в зависимости от модификации, открытые трюмы или трюмы с люковыми закрытиями, с двойными бортами и двойным дном, с машинным отделением и надстройкой в кормовой части. Суда предназначены в основном для насыпных и навалочных грузов, таких как строительный щебень, а также тарно-штучных грузов. Теплоходы с закрытыми трюмами могут принимать груз на люковые закрытия. В 90-х годах отдельные суда были реконструированы под класс «река-море». Они были укорочены, получили более совершенное оборудование трюмов и более высокую носовую часть. Их строительство велось с 1960 по 1980 гг. и всего построено 223–224 теплохода. Суда типа "Волго-Дон" эксплуатировались: в европейской части - на Волге, Каме, Дону, реках и озерах Волго-Балтийского водного пути, на Днестре; в восточной части - на Енисее ниже Казачинского порога. С 90-х гг. многие суда используются в заграничных перевозках по Каспийскому, Азовскому и Черному морям, по Балтике (Польша, Германия).

Советские судостроители немало сил вложили в создание оптимального типа грузового судна смешанного плавания. С каждым годом суда смешанного плавания получают все более широкое распространение в составе отечественного речного флота.

Расширяются районы их эксплуатации как за счет увеличения протяженности линий, так и за счет освоения новых направлений перевозок в Балтийском, Баренцевом, Белом, Каспийском, Черном, Средиземном и Японском морях.

Большие масштабы строительства и использования судов смешанного плавания (типа река—море) обуславливаются их более высокой (в 1,5–2 раза) эффективностью по сравнению с речными и морскими судами, решающими совместно ту же транспортную задачу, но с перевалкой грузов в морских устьевых портах. Поэтому суда типа «Волго-Дон» по-прежнему являются востребованными. Но возникают вопросы, связанные с их управляемостью.

В работе выполнено исследование управляемости судов такого типа.

На примере проекта 507Б были произведены расчеты маневренности для трех случаев: с поворотными насадками, которые были установлены на этом судне; с рулями, размещенными за открытыми винтами; с винто-рулевыми колонками (ВРК).

Выбор параметров ВРК осуществлен в пакете HYDRA LITE v1.08, которой является бесплатной САПР фирмы Schottel. Расчет маневренности проведен по методике Российского Речного Регистра, изложенной в руководстве Р.006-2004. Диаметр циркуляции с ВРК составил 137 м (одну длину судна  $L$ ), с рулями – 300 м ( $2,2L$ ), а с поворотными насадками – 268 м ( $2L$ ).

Проанализировав результаты, можно сделать вывод: поворотливость судна, оборудованного ВРК, значительно лучше, чем оборудованного поворотными насадками. За счет применения полноповоротных ВРК будет обеспечена повышенная управляемость в стесненных условиях, увеличена длина грузовой зоны, уменьшен примерно на 20% размер машинного отделения, сокращены затраты и необходимое время на монтаж и предполагаемые затраты на ремонт и обслуживание. К недостаткам ВРК следует отнести их дороговизну. Поэтому при модернизации ДРК судов типа «Волга-Дон» необходимо провести экономическое обоснование.

УДК 629.124.74:622.242

А.В. ЖУЛЬБЕВ, В.Н. САВИНОВ, Н.В. ЯНЧЕНКОВА

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЛОКА ПРИ СБРОСЕ ЕГО НА РЕГУЛЯРНОМ ВОЛНЕНИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Морские глубоководные стационарные платформы являются новым, особым классом инженерных сооружений. Их опорные решетчатые блоки имеют призматическую или пирамидальную форму и в большинстве случаев доставляются к месту постановки на транспортно-спусковых баржах. Сброс опорного блока с транспортного средства обычно планируется проводить в отсутствии ветра и волнения. Для сброса его при таких условиях уже существует расчетная методика. Однако в реальных условиях ветер и волнение почти всегда присутствуют. Оценка влияния этих составляющих внешней нагрузки на параметры блока и баржи при проведении продольного сброса еще никем не проводилась. Такая оценка очень важна для Регистра, устанавливающего допустимые значения скоростей ветра и балльности волнения, которые обеспечат безопасное и безаварийное проведение операции продольного сброса блока с транспортного средства.

Определение характеристик блока при продольном сбросе его с баржи на регулярном волнении позволяет решить задачу о динамике двух плавающих взаимно сопряженных объектов. При этом в новой методике сохраняются некоторые основополагающие положения.

В рассмотрение введено уравнение регулярной волновой поверхности. Показано, что с помощью вновь полученных алгебраических выражений и решения их численным методом дихотомии, возможно вычисление координат точек пересечения волновой поверхности с произвольно ориентированным в пространстве стержнем опорного блока. Типовые конструкции опорных блоков (ОБ) состоят преимущественно из цилиндрических труб разного диаметра или цилиндрических оболочек. При пересечении этих элементов блока касательной плоскостью, проходящей под углом наклона  $\varphi$  к оси стержня, образуются поперечные сечения в форме круга, прямоугольника, эллипса или сегментов эллиптической формы. При этом вычисляется угол  $\varphi$  между осью стержня и касательной плоскостью в точке касания.

За вычислением геометрических характеристик площадей сечений всех стержней, определяются элементы действующей ватерлинии всего блока: площадь ватерлинии блока –  $S$ ; координаты центра тяжести площади ватерлинии –  $x_f, y_f$ ; моменты инерции площади ватерлинии. Кроме того, для каждого погруженного в жидкость стержня вычисляются погруженные объемы  $V$  и координаты их центров величины, которые далее суммируются, давая погруженный объем блока в целом:  $V = \sum v_i$ , по которому определяется переменная в процессе сброса сила поддержания блока  $F = \rho g V$  и координаты точки ее приложения

На основе данного алгоритма составлена вспомогательная отладочная программа для

проверки правильности расчета. Были проведены расчеты для различных положений блока относительно волновой поверхности. Анализ полученных данных показал их хорошее совпадение с результатами ручного расчета в контрольных точках.

УДК 539.371.374

А.С. КОПКИНА

### **ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ПОГИБИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Несмотря на значительную исследовательскую работу, проведенную за последние 50 лет по вопросу устойчивости цилиндрических оболочек, этот вопрос до сих пор вызывает споры. Было показано, что значительное влияние на потерю устойчивости оказывают граничные условия, а также докритическая деформация, вызванная ограничениями на краях. Тем не менее, после полувека интенсивных исследований принимается, что именно начальные прогибы являются главной причиной громадного разброса экспериментальных данных и плохой корреляции между расчетными данными теории малых прогибов и экспериментальными результатами. Несмотря на это признание, оно не сопровождалось внедрением теории начальных прогибов в инженерную практику. Проектировщики реальных оболочечных конструкций продолжают рассчитывать их по-старому, применяя эмпирический коэффициент понижения по отношению к данным классической теории малых прогибов. Подбор этого коэффициента понижения проведен таким образом, что когда на него умножается классическая критическая нагрузка, то получается нижняя граница для всех экспериментальных данных, соответствующих рассматриваемым конструкциям. Это слишком грубый и неэкономичный подход. Поэтому в качестве рационального подхода требуется разработка расчетной методики, в которой учитывалось бы влияние начальных прогибов на реальные сооружаемые оболочечные конструкции.

Представляется, что математический и экспериментальный аппараты по исследованию цилиндрических оболочек уже достаточно развиты для того, чтобы можно было бы сосредоточить усилия на разработке метода (или методов), который позволил бы надежно и экономично прогнозировать критические нагрузки для цилиндрических оболочек под действием внешнего давления. Особенно желательно убедиться в том, можно ли подсчитать критическую нагрузку по измеренным (или прогнозируемым) начальным прогибам с использованием одного из специализированных или упрощенных методов, нужно ли обращаться к одной из больших многоцелевых программ на ЭВМ для получения удовлетворительного решения.

УДК 629.124.791.2.039;532.526.2

В.А. ЗУЕВ, И.А. КУЗНЕЦОВА

### **РАЗРУШЕНИЕ ЛЬДА И ПРОДЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ В РАЙОНАХ РЕКИ ЕНИСЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИЗГИБНО-ГРАВИТАЦИОННОГО РЕЗОНАНСА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Существенным недостатком водного вида транспорта является сезонность работы, отрицательно влияющая на эффективность использования трудовых и материальных ресурсов, на надежность доставки грузов в ранневесенний и позднесенний периоды года.

Известно большое количество способов борьбы со льдом. Среди них – использование

амфибийных судов на воздушной подушке (СВП). СВП появилось как альтернатива скоростному водному транспорту.

В работе рассмотрен резонансный способ разрушения льда, не связанный со свойствами СВП и поэтому осуществляющийся любым транспортным средством, приспособленным к перемещению по ледяному покрову или над ним. СВП, в силу своей амфибийности, возможности двигаться над водой и над льдом, плавучести, является в настоящее время наиболее подходящим средством для реализации этого способа.

При движении нагрузки по льду развивается система изгибно-гравитационных волн (ИГВ). А при скорости движения, близкой к фазовой скорости изгибных колебаний ледяной пластины и скорости распространения гравитационных волн, в воде возникает изгибно-гравитационный резонанс. Амплитуды колебаний ледяного покрова резко возрастают, и лед начинает разрушаться. В этом физическая основа способа разрушения льда при движении СВП с критической скоростью.

Использование СВП для разрушения льда целесообразно благодаря сочетанию транспортных и ледокольных функций, а их вездеходные качества делают возможной круглогодичную навигацию, которую необходимо обеспечить на основных производственных участках России.

Так, река Енисей - территория с суровыми климатическими условиями. Основной грузооборот приходится на линию «Дудинка-Красноярск». Расстояние между этими портами около 2000 км. Минимальная глубина реки на участке – 2,9 м, минимальная ширина – 70 м, минимальный радиус закругления – 600 м. Ледостав в северной части (Дудинка) начинается в конце октября - начале ноября и длится до семи месяцев. Лед на реке может достигать толщины 230 см. Под конец апреля толщина льда в районе порта Дудинка составляет 130 см. Ледоход начинается конце мая - начале июня. Для Енисея характерно наличие заторов и наледей. Поэтому СВП - наиболее эффективное средство разрушения льда и создания канала на Енисее. Низкое сопротивление, низкие энергетические затраты и расходы на эксплуатацию, значительная скорость разрушения льда, хорошая маневренность, отсутствие ограничений по осадке – неоспоримые достоинства данного технического средства. СВП также можно активно использовать для борьбы с ледовыми затруднениями. Так как существующие СВП не могут разбивать лед толщиной более 0,85 м, то в работе проектируется судно, исходя из необходимых условий эксплуатации на Енисее.

При решении оптимизационной задачи были определены следующие параметры СВП для разрушения льда толщиной 1,5 м:  $S_{ВП}=600 \text{ м}^2$  – площадь воздушной подушки (ВП);  $p_{ВП}=3,89 \text{ кПа}$  – давление ВП;  $p_{Вент}=5,44 \text{ кПа}$  – давление вентилятора; ВП создается специально спроектированными вентиляторами в количестве 4 штук (суммарной мощностью  $N=2526 \text{ кВт}$ ); На судне устанавливается 4 воздушных винта (диаметром 5,2 м) с кольцевыми насадками (диаметром 6 м).

УДК 534.282:539.67:620.178

Е.Ю. КУТУЗОВА

## **ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ В МЕТАЛЛАХ И ЕГО СВЯЗЬ С ЯВЛЕНИЕМ УСТАЛОСТИ**

МОУ СОШ №26

В данной статье рассматриваются результаты исследования внутреннего трения для некоторых металлов и связи его характеристик с характеристиками усталости.

За последние годы вопросы внутреннего трения в материалах и конструкциях при колебаниях привлекают к себе большое внимание. При современном уровне техники резко повысилось практическое значение расчета конструкций, подвергающихся динамическим воздействиям. Динамический расчет конструкций на нагрузки без учета внутреннего трения

дает во многих случаях далекие от истины результаты. Поэтому изучение характеристик внутреннего трения является актуальной задачей. Разрабатываются надежные и удобные методы его учета.

Благоприятное влияние внутреннего трения в материалах на работу различных конструкций под действием динамических нагрузок вряд ли можно переоценить. Главным образом благодаря внутреннему трению происходит быстрое затухание свободных колебаний конструкций, резкое ограничение роста амплитуд вынужденных колебаний при резонансах, сильное снижение напряжений от импульсов и ударов в конструкциях с большим числом степеней свободы и выравнивание динамических напряжений в местах их концентрации. Чем больше внутреннее трение в конструкции, тем при прочих равных условиях она выгоднее для восприятия динамических воздействий.

Внутреннее трение в материалах зависит от многих физико-механических факторов (напряжения частоты колебаний, температуры, структуры материала и т.д.). Коэффициент рассеяния энергии возрастает с увеличением напряжения, температуры.

Исследования явления усталости металлов показали, что характеристики их разрушения зависят от характеристик внутреннего трения. Так коэффициент живучести металлов  $\text{tg}\varphi$  связан линейной зависимостью с градиентом коэффициента рассеяния энергии  $k$ :

$$\text{tg}\varphi = (m+2)(k+1),$$

где  $m = \text{const}$  ( $m \approx 0,5$ ).

Это соотношение позволяет применять ускоренный метод построения кривых усталости.

УДК 629.12

В.В. МАТВЕЕВ

## **МАТЕМАТИЗАЦИЯ НОРМАТИВОВ ВРЕМЕНИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СБОРОЧНО-СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основной особенностью имитационного моделирования (применяемого метода) является то, что этот метод даёт возможность смоделировать практически любую ситуацию и посмотреть, как поведёт себя система и каковы будут последствия, без создания реальной системы. Благодаря этой особенности имитационное моделирование становится незаменимым инструментом в руках человека, так как позволяет заранее спрогнозировать и выявить возможные изъяны в проектируемой системе ещё на момент проектирования, что соответственно позволяет с большей вероятностью принять правильное решение и минимизировать риск.

Для составления имитационной модели функционирования сборочно-сварочного производства необходимо знать длительность изготовления узлов и секций корпуса судна. Длительность сборочных и сварочных операций определяют по отраслевым нормативам времени, представленных в табличной форме. Для уменьшения объема данных нормативы времени были представлены в виде функциональных зависимостей от исходных параметров.

В работе для представления табличных данных в виде функциональных зависимостей используем метод наименьших квадратов. В результате этой работы предлагается заменить табличные данные следующими функциональными зависимостями. В качестве примера приведем функциональные зависимости операции сборки полотнища из лисов.

Сборка плоских полотнищ из листов:

- на стенде

$$\Delta t = -5,1 \cdot 10^{-9} \delta^5 + 1,059 \cdot 10^{-6} \delta^4 - 7,296 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 2,168 \cdot 10^{-3} \delta^2 - 2,186 \cdot 10^{-2} \delta + 0,374;$$

- на магнитном стенде

$$\Delta t = -1,2 \cdot 10^{-9} \delta^5 + 3,791 \cdot 10^{-7} \delta^4 - 3,024 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 9,776 \cdot 10^{-4} \delta^2 - 1,003 \cdot 10^{-2} \delta + 0,215;$$

- на плите

$$\Delta t = -1,12 \cdot 10^{-8} \delta^5 + 1,653 \cdot 10^{-6} \delta^4 - 8,886 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 2,175 \cdot 10^{-3} \delta^2 - 2,012 \cdot 10^{-2} \delta + 0,304.$$

Сборка полотнищ с погибью на постели:

а) полотнище секций до оконечностей:

- на постели с погибью в одном направлении (стыкование листов)

$$\Delta t = -4 \cdot 10^{-9} \delta^5 + 8,458 \cdot 10^{-7} \delta^4 - 6,078 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 1,921 \cdot 10^{-3} \delta^2 - 2,017 \cdot 10^{-2} \delta + 0,348;$$

- на постели с погибью в одном направлении (обжатие листов к лекалам)

$$\Delta t = -3,9 \cdot 10^{-9} \delta^5 + 6,904 \cdot 10^{-7} \delta^4 - 4,437 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 1,268 \cdot 10^{-3} \delta^2 - 1,192 \cdot 10^{-2} \delta + 0,197;$$

б) полотнище секций оконечностей:

- на постели с погибью в двух направлениях (стыкование листов)

$$\Delta t = -3,1 \cdot 10^{-9} \delta^5 + 6,614 \cdot 10^{-7} \delta^4 - 4,967 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 1,691 \cdot 10^{-3} \delta^2 - 1,683 \cdot 10^{-2} \delta + 0,448;$$

- на постели с погибью в двух направлениях (обжатие листов к лекалам)

$$\Delta t = -4,1 \cdot 10^{-9} \delta^5 + 7,870 \cdot 10^{-7} \delta^4 - 5,337 \cdot 10^{-5} \delta^3 + 1,579 \cdot 10^{-3} \delta^2 - 1,430 \cdot 10^{-2} \delta + 0,262;$$

где  $\Delta t$  – время сборки на 1 м соединения, ч;  $\delta$  – толщина листа, мм.

УДК 613.24.37

А.Н. ПЕНКИН

### **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА НА НАДЕЖНОСТЬ ГАЗОПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для оценки статической прочности сварного шва газопровода с дефектами используется двухпараметрический интерполяционный критерий. Допустимость дефекта оценивается на основе двух нормированных коэффициентов запаса  $n_1$  и  $n_2$ . Фактический коэффициент запаса прочности  $n$  является функцией размеров одиночного дефекта:  $n = \varphi(a, c)$ .

Определяем, что размеры обнаруженных дефектов в стыковых сварных соединениях газопровода распределены по логарифмически нормальному закону.

Случайная величина (с. в.)  $\hat{n}$  находится методом статистического моделирования. В расчете  $n$  для сварного соединения с продольным дефектом принимаем следующие характеристики стали:  $\sigma_{0,2} = 245$  МПа (напряжение текучести) и  $K_{IC} = 73,4$  МПа·м<sup>1/2</sup> (критический коэффициент интенсивности напряжений).

Определяем, что с. в.  $\hat{n}$  распределена по закону Вейбулла. Считаем надежность сварного соединения, содержащего один дефект,  $R_1 = 0,9988$ . Находим надежность сварных соединений газопровода длиной  $x = 15,4$ , м, с интенсивность дефектов  $\lambda = 5,4$  м<sup>-1</sup> по следующему выражению:  $R(x) = e^{-\lambda x(1-R_1)} = 0,907$ .

Исследуем влияние твердости НВ на напряжение текучести  $\sigma_{0,2}$ . Согласно работам М.П. Марковца, для углеродистых низколегированных сталей  $\sigma_{0,2} = 0,2НВ$  ( $НВ < 1500$  МПа),  $\sigma_{0,2} = 0,367НВ - 240$  ( $НВ \geq 1500$  МПа).

Измерены значения твердости металла элементов газопровода, которые, как определено, распределены по логарифмически нормальному закону. Моделируем с. в.  $\hat{n}$  как функцию размеров дефекта и  $\sigma_{0,2}$ :  $n = \varphi(a, c, \sigma_{0,2})$ , считаем надежность  $R_1 = 0,9907$  и определяем надежность сварных соединений газопровода  $R(x) = 0,461$ .

Большинство исследований ударной вязкости по Шарпи однозначно указывают на то,



что длительная эксплуатация приводит к довольно резкому падению ударной вязкости (до 30%), особенно при отрицательных климатических температурах. Рекомендуется использовать эмпирическую зависимость  $K_{IC} = 0,1\sqrt{0,1 \cdot E \cdot KCV / (1 - \nu^2)}$  МПа·м<sup>1/2</sup>, где  $E$  - модуль упругости, МПа;  $\nu$  - коэффициент Пуассона;  $KCV$  - ударная вязкость, Дж/см<sup>2</sup>. Рассчитываем  $n$  при  $KCV$  на 30% меньше исходной, тогда  $K_{IC} = 61,4$  МПа·м<sup>1/2</sup>. Моделируем с. в.  $\hat{n}$ , считаем надежность  $R_1 = 0,9937$  и определяем надежность  $R(x) = 0,598$ .

Таким образом, по изменению НВ,  $\sigma_{0,2}$  и известному значению  $KCV$  стали представляется возможным производить ориентировочную оценку надежности газопровода. Так, при меньшей  $KCV$  и при случайном  $\sigma_{0,2}$  надежность уменьшается в 1,5 и 2 раза соответственно.

УДК 629.124

Д.А. СЕМЕНОВ

### ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛЕЙ СУДОВ В БИТОМ ЛЬДУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время методы гидродинамики не могут достаточно точно прогнозировать сопротивление судов при движении в битых льдах. Поэтому приходится прибегать при решении этих вопросов к модельным испытаниям. Для этого необходимо иметь модель битого льда, адекватно отражающую взаимодействие судов со льдом.

Несмотря на многочисленные исследования в области моделирования полей битого льда, пока достаточно убедительных способов создания таких моделей не существует.

Известны модели битого льда натурального состава в ледовых опытовых бассейнах (ААНИИ РФ, Финляндия):

- льда из плиток парафина;
- льда из плиток полиэтилена высокого давления;
- льда из полиэтиленовых шариков (НГТУ им. Р.Е. Алексеева);
- и других синтетических материалов;

Однако испытания в битом льду разного состава приводят к далеким друг от друга результатам.

Не вполне выяснен вопрос о размерах и форме плиток в плане, их сплоченности и расположении в канале или поле битого льда.

В ледовом бассейне НГТУ им. Р.Е. Алексеева в настоящее время проводятся системные опыты по исследованию этих вопросов и вопросов взаимодействия не только с пресной, но и морской водой.

УДК 629.124.791.2.039

В.А. ЗУЕВ, Н.М. СЕМЕНОВА

### МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ ПЛАТФОРМ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ ДВИЖЕНИИ В ВОДЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Движение ледокольных или большегрузных платформ на воздушной подушке (ПВП) в воде характеризуется относительно низкими скоростями (числа Фруда  $Fr_v < 0,45$ ) и значительными давлениями в воздушной подушке (ВП). Вопросы прогнозирования сопротивления таких платформ изучены недостаточно. В работе описаны результаты модельных испытаний

ПВП в опытовом бассейне НГТУ, имеющих разную форму корпуса (ВП) в плане, показанных на рис. 1.

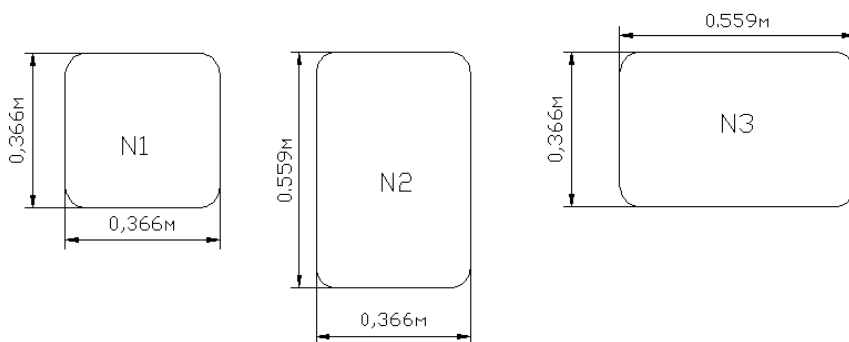


Рис. 1. Размеры и форма ПВП

Давление в ВП создавалось вентилятором, позволяющим проводить регулировку давления и расхода воздуха. Модели имели гибкое ограждение в виде отдельных сочлененных сегментов высотой 0,045м.

При испытаниях измерялись сопротивление, скорость движения модели, расход воздуха.

Сопротивление в чистой воде можно представить в виде следующей комбинации параметров:

$$R = f(m, L, B, g, \rho_v, P_{ВП}, Q, v \dots), \quad (1)$$

где  $L, B$  – длина и ширина ВП,  $\rho_v$  – плотность воды,  $t/m^3$ ,  $P_{ВП}$  – давление в ВП,  $Q$  – расход воздуха,  $v$  – скорость движения,  $m$  – масса модели.

В безмерных величинах (1) можно переписать в виде

$$\frac{R}{mg} = \prod_{i=1}^k f_i^{m_i}, \quad (2)$$

где  $f_i^{m_i}$  – безразмерные комплексы, составленные из параметров, определяющих процесс взаимодействия ЛПВП с окружающей средой. Предполагается, что  $f_i^{m_i}$  являются взаимонезависимыми.

Тогда

$$\frac{R}{mg} = f_1(Fr_v)^{m_1} \cdot f_2\left(\frac{L}{B}\right)^{m_2} \cdot f_3(\bar{q})^{m_3}. \quad (3)$$

Вид функций  $f_i^{m_i}$  был определен экспериментально:

$$f_1(Fr_v) = 0,38 \cdot Fr_v^{2,5}, \text{ где } Fr_v = \frac{V}{\sqrt{g^3 D / \rho_v}},$$

$$f_2(L/B) = 1,4 - 0,45 \cdot \frac{L}{B},$$

$$f_3(\bar{q}) = 1,0 \quad \bar{q} = \frac{Q}{S_{ВП} \cdot \sqrt{\frac{2P_{ВП}}{\rho_{возд}}}}.$$

**ПРОГУЛОЧНЫЙ КАТАМАРАН НОВОГО ТИПА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитию водного туризма и прогулочного маломерного флота в значительной степени препятствует значительная стоимость катеров и яхт, большие затраты времени на обслуживание таких судов, необходимость поддержания их на зимнем отстое. Позволить себе иметь одновременно автомобиль и сравнимый по уровню комфорта с автомобилем катер может довольно ограниченный круг бизнесменов уровня выше среднего. Для большинства населения среднего класса индивидуальные комфортабельные прогулки по водным трассам недоступны.

Разрешить это затруднение можно путем создания прогулочного судна нового типа, концепция которого состоит в отделении плавучего корпуса с двигателями от надстройки имеющей высокий уровень комфорта и используемой в повседневном обиходе. В качестве такой надстройки используется легковой автомобиль, а в качестве плавучего корпуса – катамаран, снабженный водометными двигателями, имеющими привод от передних колес автомобиля.

Вторая сторона концепции прогулочного судна нового типа состоит в том, что катамаран-корпус не является собственностью одного владельца, а предоставляется в прокат или краткосрочную аренду.

Для успешной реализации этой концепции необходимо создание береговых станций, на которых хранятся на специальных береговых стеллажах корпуса катамаранов. На этой станции производится не только прием и выдача катамаранов, но и их текущий ремонт и обслуживание.

По мере необходимости катамаран спускается на воду, подводится к посадочному слипу и автомобиль по аппарелям заезжает на катамаран так, что его ведущие колеса устанавливаются на приводные ролики, передающие вращение на водометные двигатели. Аналогично поворот колес преобразуется в воздействие на рулевое устройство водометных двигателей.

Предварительные проработки показали, что для обслуживания практически всего разнообразия размеров и массы автомобилей достаточно три типоразмера катамаранов.

Для реализации представленных концепций необходим большой круг исследований, связанный с вопросами безопасности – непотопляемости, устойчивости, поведения судна во время заезда на него автомобиля. Кроме этого, требуется детальная проработка экономического обоснования такого проекта.

В известной литературе не были найдены аналоги, тем не менее не следует полагать, что такое техническое решение является пионерским: скорее всего, были энтузиасты, которые уже пытались пройти этим путем. Однако решение поставленной задачи возможно на основе серьезных исследований.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ СТАЛИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) является процессом, зависящим от комплекса факторов: вида напряженно-деформируемого состояния, концентрации напряжений, химического состава среды, физико-химического состава материала и т.д.

Для изучения закономерностей КРН создана экспериментальная установка. Использо-

ется прямоугольный образец из стали 3, консольно нагруженный постоянной нагрузкой. Процесс протекает под действием среды, моделирующей морские условия: 3% раствор NaCl +1% раствор FeCl<sub>3</sub> +0,5% раствор NaF. Для активации процесса предварительно наносится надрез в виде трещины.

Выполнен анализ напряженно-деформируемого состояния образца с целью определения допустимых напряжений из условия потери устойчивости и реализации порогового коэффициента интенсивности, необходимого для развития процесса КРН.

Регистрация процесса развития трещины проводится по приращению прогиба консольной части образца. Для этой цели получена тарировочная кривая связи приращения длины трещины и прогиба. Расчеты выполнены с использованием численной процедуры МКЭ.

Процесс коррозионного растрескивания под напряжением является дискретным. Акт увеличения длины трещины сопровождается возбуждением в образце упругих волн. Для регистрации дискретных актов подрастания трещины исследована возможность использования акусто-эмиссионной аппаратуры.

УДК 620

П.И. КОРОТИН, В.А. КИКЕЕВ, М.Б. САЛИН, А.С. СУВОРОВ

## АКУСТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ МЕХАНОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Институт прикладной физики РАН

При проектировании некоторых сложных инженерных объектов необходимо уметь прогнозировать их виброакустические характеристики, в частности, собственные частоты и формы колебаний. Данная проблема особенно актуальна для подводных оболочечных конструкций, в которых превышение уровня вибраций может привести к невыполнению технических требований к изделию.

В различных источниках показано, что при воздействии гидростатического давления на поверхность оболочки происходит изменение ее жесткостных характеристик, которое является следствием возникновения в материале оболочки цепных напряжений растяжения-сжатия. Эти напряжения приводят к возникновению так называемой *мембранной жесткости*, которая может достигать и даже превышать номинальное значение изгибной жесткости оболочки. Данное явление аналогично изменению жесткости гитарной струны при ее натяжении, что является хорошим примером влияния продольных напряжений на изменение акустических характеристик упругих тел.

Авторам неизвестно о существовании в настоящее время методов аналитического расчета влияния гидростатического давления на виброакустические характеристики произвольных конструкций. Однако для некоторых вариантов конструкций, имеющих простейшую геометрию, такое решение может быть получено.

В работе проведено исследование влияния гидростатического давления на акустические характеристики оболочечных конструкций, погруженных в жидкость. На примере осесимметричных тонких оболочек простейшей формы (цилиндр и сфера) выведены аналитические формулы для оценки изменения собственных частот оболочки от гидростатического давления. Произведено численное моделирование задачи. Результаты, полученные аналитическим и численным методами, отличаются на 5%, что позволяет сделать вывод о пригодности аналитических формул, полученных в работе. С помощью метода конечных элементов исследовано влияние гидростатики на акустические характеристики оболочечных конструкций имеющих сложную геометрическую форму и различное внутреннее насыщение.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО КАТАМАРАНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Во второй половине XX века с развитием мировой торговли в международных перевозках грузов стали применяться способы транспортировки, использующие преимущества различных видов транспорта (они получили название смешанных). Разновидностью таких перевозок являются паромные перевозки. В последние несколько лет тенденцией становится использование в качестве судов-паромов гибридных судов, сочетающих преимущества катамаранов и судов на подводных крыльях, что позволяет повысить грузо- или пассажировместимость, мореходные качества и остойчивость, а также обеспечить высокую скорость движения за счет крыльевого устройства.

Для определения мощности проектируемого судна проводились ходовые испытания модели в опытовом бассейне НГТУ им. Р. Е. Алексеева с последующим пересчетом результатов на натурное судно. Мощность, необходимую для обеспечения заданной скорости хода, можно определить по известной зависимости

$$N = RV,$$

где  $R$  – сила сопротивления воды, кН,  $V$  – скорость судна, м/с.

В результате были получены зависимости силы сопротивления воды от скорости буксировки для модели катамарана с подводными крыльями и без них. Зависимость мощности главных двигателей от скорости хода судна представлена в виде графика (рис. 1). Из него следует, что на скоростях хода больше 15 узлов предпочтительной является гидродинамическая компоновка катамарана с крыльями. На графике дополнительно указаны точки, соответствующие мощности двигателей, выпускаемых заводом «Звезда» (г. Санкт-Петербург). По этой зависимости выбирается тип двигателя проектируемого катамарана, необходимый для обеспечения заданной эксплуатационной скорости.

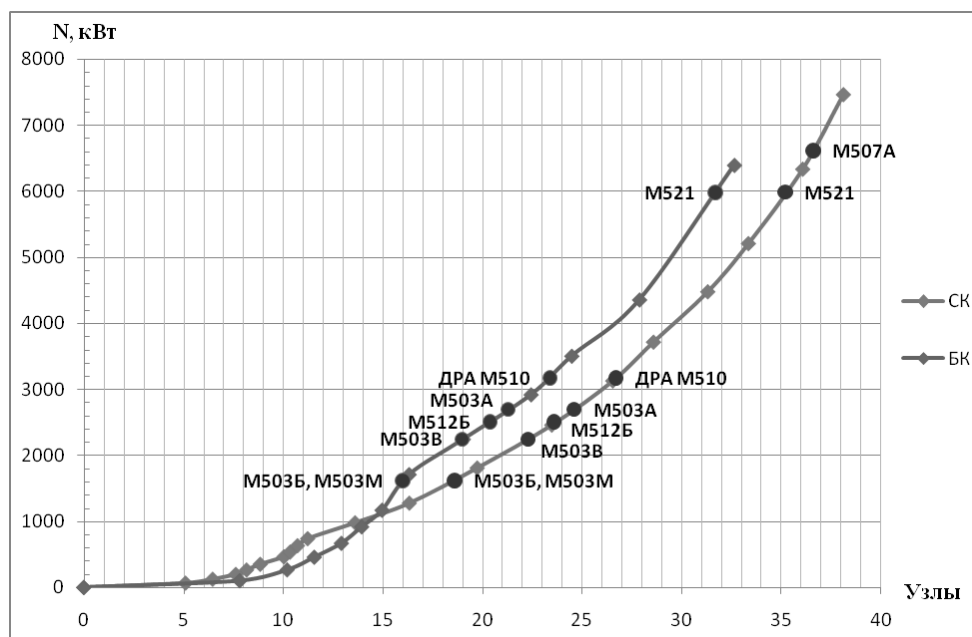


Рис. 1. Зависимость мощности проектируемого катамарана от скорости хода:  
СК – катамаран с крыльями; БК – катамаран без крыльев

## **РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ ВНЕШНЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДНА СМЕШАННОГО РЕКА-МОРЕ ПЛАВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В связи с интенсивным развитием внешнеэкономических связей с зарубежными странами и с целью повышения экономической эффективности перевозок речным транспортом возникла объективная потребность в прямых бесперевалочных перевозках река-море сообщения. Экономическая эффективность этого флота обусловлена оптимальными соотношениями главных размерений при оптимальной грузоподъемности, низкой удельной металлоемкости по сравнению с морскими судами – аналогами.

В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы обоснования выбора типов и основных характеристик перспективных судов пополнения. Основными характеристиками, обеспечивающими эффективное, с экономической точки зрения, использование судна, являются его грузоподъемность и скорость хода. В обоснованном их выборе и состоит основная задача внешнего проектирования. Эти характеристики необходимо выбирать как оптимальные из условия максимальной эффективности работы судна, что позволит получить полную загрузку судна, существенную экономию по топливу, запасам, платить разумные пошлины.

Целью настоящей работы является решение задачи внешнего проектирования сухогрузного судна смешанного (река-море) плавания на линиях Н. Новгород - порты Западной Европы (летом) и С- Петербург - порты Западной Европы (зимой) методом имитационного моделирования. То есть создается транспортная модель судна на заданных линиях с целью получить всевозможные варианты поведения системы с изменяющимися внешними условиями при различных начальных параметрах для дальнейшего анализа и выбора оптимальных параметров.

Имитационное моделирование – это комплексный метод исследования сложных систем на ЭВМ, включающий построение концептуальных, математических и программных моделей, выполнение широкого спектра целенаправленных имитационных экспериментов, обработку и интерпретацию результатов этих экспериментов.

Основная особенность имитационного моделирования: этот метод даёт возможность смоделировать практически любую ситуацию и посмотреть, как поведёт себя система и каковы будут последствия, без создания реальной системы. ИМ позволяет заранее спрогнозировать и выявить возможные изъяны в проектируемой системе ещё на момент проектирования, что соответственно позволяет с большей вероятностью принять правильное решение и минимизировать риски.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- создание базы данных судов смешанного река-море плавания в Microsoft Access;
- анализ основных характеристик судов смешанного река-море плавания;
- выбор маршрута движения и типа судна;
- анализ условий эксплуатации;
- создание математической модели судна в Microsoft Excel 2003 (с применениями элементов Visual Basic for Applications);
- реализация математической модели;
- анализ результата имитационного моделирования и выбор оптимального варианта.

Практическое значение работы: разработан метод, позволяющий обосновать выбор грузоподъемности и скорости судов смешанного река-море плавания.

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РЕШЕНИЯ ВНЕШНЕЙ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДНА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ВЕТРО-ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача проектирования судна – сложной технической системы – является многоуровневой. На верхнем уровне решается задача внешнего проектирования, т.е. обоснование и выбор дедвейта ( $DW$ ), скорости судов ( $V$ ) и их количества ( $N$ ) по выбранному критерию оптимизации. Эта задача решается, как правило, в условиях неопределенности. Причиной неопределенности может являться отсутствие необходимой информации из-за недостаточной изученности явлений или по иным причинам (часто организационным). Кроме того, сложность создания имитационной модели связана с принципиальной невозможностью надежного предсказания (вследствие отсутствия статистической однородности) многих будущих явлений или с отсутствием информации о будущих внешних условиях в связи с сознательным противодействием других участников, которые отстаивают свои интересы.

В работе заранее неизвестными условиями будущей эксплуатации судна являются род перевозимого груза, маршруты перевозок, гидрометеорологические условия. При составлении имитационной модели работы судна как транспортного средства наибольшую сложность вызывает описание гидрометеорологических условий (ветры, волнение, течение). В этой работе рассматривается влияние ветра и волны только на скорость судна и соответственно на его технико-экономические показатели.

Многочисленные исследования показали, что потеря скорости судна зависит от высоты волны, курсового угла под которым движется судно, а также от его водоизмещения. Весь путь движения судна из одного порта в другой разбит на участки. В пределах каждого участка указан генеральный курс судна. По каждому участку имеются статистические данные фактических наблюдений за ветром, волнением и туманом в различные сезоны года. Эти статистические данные были обработаны и приведены к виду, удобному для использования в имитационной модели. Вероятность появления волн той или иной высоты, направления ветров и их повторяемость по сезонам года остаются неизменными в пределах участка. При переходе судна от одного участка к другому, а также при смене сезона года происходит скачкообразное изменение всех характеристик и параметров, описывающих ветро-волновой режим участка моря. Далее в работе было установлено, ветра каких направлений действуют на судно под тем или иным курсовым углом. Для каждого участка были определены распределения повторяемости ветров всех направлений на корпус судна при движении по заданному маршруту.

В работе продвижение модельного времени принято от события к событию. Модель была реализована в Microsoft Excel (с применением элементов Visual Basic for Applications). Моделировалась работа судна в течение всего срока службы на разных линиях: С-Петербург – Гамбург, С-Петербург- Лондон, С-Петербург-Гавр. Для определения одной точки делалось десять прогонов.

В модели также учитываются обрастание корпуса судна, что приводит к увеличению сопротивления и уменьшению скорости, плановые ремонты судна (текущий, средний и капитальный).

Предлагаемая имитационная модель учета волнения на скорость судна представляет собой первое приближение и требует дальнейших уточнений.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ПАРУСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СУДНА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Авторами разработаны оригинальные обводы парусного транспортного судна для перевозки контейнеров и автомобилей. Корпус состоит из семи частей: центральной, обеспечивающей более 80% водоизмещения, и трех пар корпусов, симметрично расположенных относительно диаметральной плоскости и имеющих крыльевую форму сечения в горизонтальной плоскости. Бортовые корпуса имеют наклон от вертикали для увеличения остойчивости на ходу под парусом и строительный угол дрейфа для уменьшения сопротивления в потоке жидкости, обтекающей центральный корпус. Наклон бортовых корпусов обеспечивает также дополнительное демпфирование бортовой качки. Центральный корпус и бортовые корпуса связаны водонепроницаемой надстройкой, которая участвует в обеспечении общей прочности судна. Бортовые корпуса в продольном направлении установлены с интервалами, которые в условиях волнения обеспечивают снижение гидродинамической нагрузки на выступающие за пределы центрального корпуса части надстройки.

Поверхность корпусов описана теоретическим чертежом и таблицей плазовых ординат для расчётных шпангоутов. В соответствии с разработанным теоретическим чертежом изготовлена из пенопласта модель в масштабе 1:60. Шероховатость смоченной поверхности соответствует требованиям, предъявляемым к моделям при испытаниях ходкости в опытовых бассейнах.

Для оценки мореходных качеств корпуса выполнены экспериментальные исследования в опытовом бассейне НГТУ и расчеты. Экспериментальные исследования проводились с целью получения буксировочного сопротивления для ряда значений осадки (в полном грузу и порожнем с необходимым количеством балласта), угла дрейфа (от 0 до 10 градусов) и крена (от 0 до 20 градусов). Для оценки управляемости при тех же посадках выполнялись буксировки, в ходе которых измерялись продольная сила  $R_x$ , поперечная сила  $R_y$  и момент относительно вертикальной оси  $M_z$ . Для оценки динамической составляющей восстанавливающего момента от бортовых корпусов на ходу измерялся момент  $M_x$ .

Кроме этого, были выполнены расчеты кривых плавучести и начальной остойчивости, диаграммы статической и динамической остойчивости для двух случаев загрузки судна (в полном грузу и порожнем с необходимым количеством балласта).

Результаты работы использованы для обоснования выбора парусного вооружения судна. Кроме того, они могут быть использованы для составления каргопланов судна, расчетов остойчивости, ходкости и управляемости.

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ И РЕСУРСА ГАЗОПРОВОДА  
В ОБЛАСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматриваются вопросы обеспечения ресурса и надёжности газопроводов в районе компрессорной станции. Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в настоящее время магистральный трубопроводный транспорт испытывает значительные проблемы в своем развитии. Они вызваны большой изношенностью находящихся в длительной эксплуатации трубопроводных сетей и возрастанием аварийных рисков.



На участках газопровода, примыкающих к компрессорным станциям, изменение давления газа приводит к циклическим нагрузкам, составляющим около 5 – 10 % от предела текучести металла труб. Число этих нагрузок достигает  $10^5$  –  $10^6$  циклов в год. Такая ситуация характерна для обычных условий эксплуатации. Если в расчётах на усталость не учитывать износ газопровода (старение, коррозия), то можно сделать заключение, что усталостный процесс в пределах расчётного срока службы не приводит к разрушениям.

Однако износ приводит к образованию концентратора напряжений и ускоренному усталостному разрушению в них. Усталостному разрушению подвержены также дефекты в сварных швах (подрезы, поры, непровар и т.п.), риски и задиры и геометрические неровности. В этих концентраторах уровень напряжений намного выше номинальных.

В работе проведено исследование усталостного ресурса и надёжности участков газопроводов с коррозионными язвами в области компрессорных станций с учётом стохастического характера эксплуатационных нагрузок, усталостной прочности, эффективного коэффициента концентрации напряжений и среднего значения давлений в трубе. Построены диаграммы зависимости предельного числа циклов до образования усталостной трещины от площади коррозионного повреждения трубопровода.

УДК 629.124

Д.А. БУСОРГИН, Е.М. ГРАМУЗОВ

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ КРЕНОВАНИЯ СУДОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из важнейших технологических этапов создания нового судна или его модернизации является проведение опытов кренования.

Опыт кренования проводится либо грузами, либо людьми, соответствующие методики описаны в Правилах классификации и постройки судов. Основную трудность составляет измерение крена судна, так как эта величина мала ( $1^\circ$  -  $2^\circ$ ). Помимо этого необходимо постоянно измерять угол крена во времени из-за качки судна. Эти обстоятельства приводят к жестким требованиям к точности измерения угла крена (погрешность должна быть меньше  $\pm 0,01^\circ$ ). Поскольку обработка результатов опыта занимает значительное время, то нет возможности оперативно проконтролировать результаты и при необходимости повторить опыт. Этот момент отрицательно сказывается на методике и производительности труда. Современный комплекс должен позволять в режиме реального времени отслеживать результаты опыта. Итогом проведения опыта кренования является документ – отчет об опыте кренования. Система должна позволять создавать этот документ автоматически.

Можно выделить следующие требования, которым должен удовлетворять современный комплекс по проведению опыта кренования:

1. Электронный способ определения углов наклона.
2. Малая погрешность измерений.
3. Совместимость с любым компьютером.
4. Мониторинг результатов в реальном времени.
5. Автоматическая обработка результатов опыта.
6. Автоматический выпуск документации по результатам опыта.

В результате данного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Пределы измерения прибора должны лежать в пределах  $1-2^\circ$ ;
2. Использовать вески и ватерпасы не представляется возможным;
3. Точность измерения прибора должна составлять не менее  $0,01^\circ$ .

Эти требования выражают техническую составляющую характеристик прибора.

После рассмотрения перечисленных методов становится очевидно, что использование механических методов для автоматизированного проведения опыта кренования невозможно

в силу отсутствия способа передачи измеренных параметров на средство обработки (ПК). Поэтому остается единственный вариант – электронные средства измерений.

Поскольку для обеспечения общей функциональности требуется выполнять несколько отдельных задач, то пакет программ использует модульный принцип. Код разбит на отдельные модули в которых решаются автономные задачи. Все модули интегрированы в один проект с возможностью обмениваться данными между собой.

Стиль программирования – объектно-ориентированный, в отдельных случаях – процедурно-алгоритмический. Для расчетов используются численные методы. Для реализации объектно-ориентированного метода были созданы классы TShip и TInk, судно и инклинограмма соответственно. В эти классы инкапсулированы данные и методы, применяемые для обработки данных.

Интерфейс программы основан на основной форме и формах расчета, которые реализуют пошаговую концепцию проведения обработки опыта кренования.

УДК 621.43

К.О. ВОРОТИЛИН, Л.А. ЗАХАРОВ, Ю.Н. ФОМИН, И.Л. ЗАХАРОВ, А.В. СЕЗЕМИН

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПО ЦИКЛУ ОТТО, С РЕГУЛИРОВАНИЕМ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ И РАБОЧЕГО ОБЪЕМА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приведены результаты расчета рабочих процессов термодинамического цикла с регулированием степени сжатия и рабочего объема на примере двигателя ОАО «РУМО» 8ЧН 22/28, функционирующего по циклу Отто. Из истории развития поршневых ДВС известны *траверсные ДВС*, обладающие возможностью регулирования степени сжатия и рабочего объема, с высокими экономическими и энергетическими показателями. Анализ результатов, полученных методом научного исследования, показывает:

- изменение степени сжатия предусматривалось (7, 14, 21, 28);
- полный объем цилиндра  $V_a$  принимался постоянным при степени сжатия 7:1;
- масса воздуха в объеме  $V_{a,\varepsilon=7}$  принималась постоянной при нормальных термодинамических условиях:  $m_{в,\varepsilon=7} = V_{a,\varepsilon=7} \cdot \rho_{в}$ ;
- масса топлива, которое поместится в массе воздуха, принимается постоянной:

$$m_{т,\varepsilon=7} = \frac{m_{в,\varepsilon=7}}{\alpha \cdot l_0} = \text{const};$$

- теплота топлива выделившегося при полном сгорании, принимается постоянной:

$$Q_1 = m_{т,\varepsilon=7} Q_H = \text{const};$$

- термодинамическими показателями двигателя являются:

- термический КПД:  $\eta_t = \frac{L_t}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} = 1 - \frac{T_a}{T_c}$ ;

- полезная работа:  $L_t = Q_1 \eta_t = \frac{V_c}{k-1} (p_z - p_c) \eta_t$ ;

- среднее термодинамическое давление рабочего тела:  $p_t = \frac{L_t}{V_s} = \frac{p_z - p_c}{(k-1)(\varepsilon-1)} \eta_t$ ;

- показатель при котором ожидается наивыгоднейшая топливная экономичность двигателя, определяется  $\Phi_t = \frac{p_z}{p_t} \geq 10$ ;

- термодинамическая поверхность тепловой экономичности:  
 $\eta_t = f(\varepsilon = 7,14,21,28; k = 1,1;1,2;1,3;1,4;1,5;1,6;1,67)$  ;
- повышение степени сжатия с 7 до 28 позволило улучшить термодинамические показатели двигателя:
  - термодинамический КПД – на 26,5%;
  - полезную работу – на 26,5%;
  - среднее термодинамическое давление – на 17,3%;
  - показатель при котором ожидается наивыгоднейшая топливная экономичность двигателя, – на 51%;
  - термодинамическая поверхность тепловой экономичности рекомендуется для управления рабочим циклом двигателя путем регулирования степени сжатия и рабочего объема.

УДК 621.43

А.В. СЕЗЕМИН, Л.А. ЗАХАРОВ, А.К. ЛИМОНОВ, И.Л. ЗАХАРОВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПОРШНЕВОГО ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ РАБОЧИМ ОБЪЕМОМ 85,11 Л

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе приведен тепловой баланс рядного восьмицилиндрового комбинированного поршневого двигателя ОАО «РУМО» 8ГЧН 22/28 ( $N_e = 1050$  кВт,  $n = 1000$  мин<sup>-1</sup>,  $\varepsilon = 10,5$ ,  $Q_H = 51,188$  кДж/кг,  $g_e = 190$  г/(кВт·ч)) для привода генератора. Тепловые потери в двигателе определяются по уравнению:

$$\eta_e = \frac{L_0}{Q_1} = \frac{Q_1 - (Q_2 + Q_T + Q_M)}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2 + Q_T + Q_M}{Q_1}. \quad (1)$$

Принципиально не устранимые потери теплоты  $Q_2$ , по второму закону термодинамики, определяются по уравнению

$$Q_2 = Q_1 \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}. \quad (2)$$

Теплота топлива, выделяющаяся при полном сгорании в двигателе в час:

$$Q_1 = g_e N_e Q_H, \text{ Дж/ч.} \quad (3)$$

Среднее давление  $p_m$  и мощность  $N_m$  механических потерь определяются по зависимостям

$$p_i = a + bc_m = dc_m^2, \quad N_i = p_i V_s i \frac{1}{m} n \frac{1}{60}, \text{ Вт.} \quad (4)$$

Коэффициенты: эффективный, термический, механический, относительный, индикаторный – определяются по зависимостям

$$\eta_e = \frac{N_e 1000 \cdot 3600}{g_e N_e Q_H}; \quad \eta_t = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}}; \quad \eta_i = \frac{N_e}{N_e + N_i}; \quad \eta_g = \frac{\eta_e}{\eta_t \eta_m}; \quad \eta_i = \eta_g \eta_t. \quad (5)$$

Принципиально устранимые потери теплоты  $Q_T$  определяются по зависимости

$$\eta_i = 1 - \frac{Q_2 + Q_T}{Q_1}, \text{ отсюда } Q_T = Q_1(1 - \eta_i) - Q_2. \quad (6)$$

Теплота, затрачиваемая на преодоление механических потерь в двигателе  $Q_1$ , определяется по формуле

$$\eta_e = \frac{L_e}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2 + Q_T + Q_M}{Q_1}, \text{ отсюда } Q_M = Q_1(1 - \eta_e) - (Q_2 + Q_T). \quad (7)$$

Теплота, превращаемая в эффективную работу в двигателе  $Q_e$ , определяется по формуле

$$Q_e = Q_1 \eta_e. \quad (8)$$

Экспериментальным путем определяются следующие принципиально устранимые тепловые потери:

$$(Q_1 - Q_e) = Q_{\text{охл}} + Q_{\text{вып}} + Q_{\text{хим.неп}} + Q_{\text{токсичн}} + Q_{\text{ост}}. \quad (9)$$

Анализ результатов, полученных методом научного исследования, показывает, что снижение тепловых потерь достигнуто:

- за счет выбора наиболее выгодной эксплуатационной степени сжатия принципиально не устранимые тепловые потери уменьшены на 7,8%;
- за счет рационального распределения теплот по объемам деталей, сборочных единиц, подсистем (газообмена, охлаждения, смазки, топливоподачи) принципиально устранимые тепловые потери уменьшены на 17,8%;
- за счет снижения механических потерь тепловые потери уменьшаются на 8,9%;
- за счет снижения тепловых потерь топливная экономичность двигателя возрастает на 12%.

УДК 621.43

А.Н. ТАРАСОВ, Л.А. ЗАХАРОВ, И.Л. ЗАХАРОВ, А.В. СЕЗЕМИН

### МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ МОД. ЗМЗ-514, РАБОТАЮЩЕГО ПО ЦИКЛУ КАРНО

Заволжский филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева

Современные поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие по циклам Отто, Дизеля, Тринклера и др., достигли высоких экономических и энергетических показателей. Однако для повышения топливной экономичности требуются иные, более совершенные термодинамические циклы. К новому циклу можно отнести цикл Дизель-Отто, по которому работает поршневой двигатель фирмы Mercedes-Benz с повышенным на 25% экономическими и энергетическими показателями. С точки зрения авторов, двигатели, работающие по циклу Отто, должны иметь наиболее выгодные термодинамические показатели и оптимизированы по циклу Карно. *Под оптимизацией* обратимого термодинамического цикла Отто следует понимать отыскание такого варианта организации единичных последовательно повторяющихся термодинамических процессов цикла, при котором его КПД максимально приблизится к КПД обратимого цикла Карно.

Метод исследования поршневого двигателя, работающего по циклу Карно, можно сформулировать как задачу об отыскании экстремумов функции  $\eta_t$ ,  $p_t$ ,  $\frac{P_z}{P_t}$  нескольких переменных при наличии ограничений:

- 1) полный объем цилиндра  $V_a = \text{const}$ ;
- 2) масса рабочего тела (в объеме  $V_a$ )  $m_a = \text{const}$  постоянная и несменяемая;
- 3) количество теплоты ( $Q_1 = \frac{m_a}{\alpha \cdot l_o} \cdot Q_n$ ), подведенное в цилиндр двигателя, постоянное.

Геометрические размеры и ограничения двигателей Карно и Отто одинаковые.

*Цикл Карно.* Предельное количество механической работы, полученное из данного количества теплоты:  $L = Q_1 - Q_2 = Q_1(1 - Q_2 / Q_1)$ .

Количество теплоты, которое было сообщено рабочему телу в изотермическом процессе расширения  $zz'$ , будет:  $Q_1 = RT_z \ln \frac{V_{z'}}{V_z} = \text{const} \cdot \Delta \ln$

Количество теплоты, которое надо отнять при изотермическом процессе сжатия рабочего тела:  $Q_2 = RT_a \ln \frac{V_a}{V_c}$ . После соответствующих преобразований получим  $L = Q_1(1 - T_a / T_z)$ .

Термический КПД цикла Карно будет:  $\eta_t = L / Q_1 = 1 - T_a / T_z$ .

При этом

1) величину температуры  $T_z^K$  принимаем из цикла Отто при  $\xi = (7, 14, 21, 28)$ ;

2) величину температуры  $T_a^K$  принимаем как среднюю из цикла Отто:  $T_a^K = (T_a^O + T_a^O) / 2$ , при  $\xi = (7, 14, 21, 28)$ .

Анализ экспериментальных данных, полученных методом научного исследования, показывает, что при увеличении геометрической степени сжатия двигателя с 7 до 28 термодинамические показатели возрастают:

- по степени приближения термического КПД цикла Отто к термическому КПД цикла Карно с 73,4 до 88,0%;
- по степени приближения среднего термодинамического давления двигателя Отто к двигателю Карно с 73,4 до 88,0%;
- по степени приближения удельного термодинамического расхода топлива двигателя Отто к двигателю Карно с 72,2 до 83,3%.

УДК 629.124

Ю.В. ЛАПШИНА, Н.Е. ТИХОНОВА

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ФОРМЫ КОРПУСА ЛЕДОКОЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проектирование ледокола имеет ряд характерных особенностей, отличающих его от проектирования других водоизмещающих судов гражданского назначения. В основном эти отличия связаны со спецификой ледовой ходкости и проектированием теоретического чертежа. Отработка обводов ледокола до настоящего времени в основном велась с помощью дорогостоящих модельных исследований в ледовых опытовых бассейнах. Последние исследования в области изучения ледовой ходкости позволили обратиться к аналитическому оптимизационному проектированию обводов ледокола. Учитывая взаимосвязь формы корпуса и основных проектных характеристик, разработана математическая модель проектирования ледокола.

Математическая модель включает:

- $\bar{C}(c_1, c_2, \dots, c_n)$  - вектор параметров технического задания на проектирование ледокола (класс судна, район плавания, автономность, число членов экипажа, требования к ледовой ходкости и т.д.);
- $\bar{X}(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - вектор искомых характеристик (главные размерения, водоизмещение, мощность энергетической установки, форма корпуса ледокола, характеризующая коэффициентами формы);

- генерирование теоретического чертежа;
- систему ограничений  $G_j(\bar{X}, \bar{C}) \geq A_j, j = 1, \dots, m$ , включающую аналитические уравнения проектирования ледокола (уравнение масс, уравнение плавучести, уравнение остойчивости, уравнение вместимости, уравнение ходкости);
- ограничения на компоненты вектора искомых характеристик  $x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}$  (осадка, ширина корпуса, и т.д.);
- целевая функция  $ExtrZ(\bar{X}, \bar{C})$ .

Математическая модель реализована в пакетах прикладных программ Icebreaker и Hall. Математическая модель позволяет оптимизировать основные проектные характеристики ледокола, такие как водоизмещение, главные размерения, мощность главных двигателей, число и геометрические характеристики гребных винтов, параметры, характеризующие форму носовой оконечности.

Математическая модель проектирования речного ледокола позволяет решать оптимизационные задачи для любой комбинации ледовых условий.

В качестве исходных данных для оптимизации было принято техническое задание на проектирование линейного речного ледокола для центрального бассейна, включающее в себя следующие требования:

- предельная ледопроездимость – 0,6 м;
- ширина судна, определяемая шириной прокладываемого канала – 15 м;
- автономность – 10 суток;
- число членов экипажа – 20 человек.

Осадка является оптимизируемым параметром и варьируется в диапазоне от 2 до 3 м. По существу, это техническое задание образца 1970 года, по которому в Финляндии были построены для России ледоколы проекта 1105 типа «Капитан Чечкин».

В результате оптимизации по приведённому техническому заданию получился оптимальный вариант проекта, позволяющий до 30% экономить топливо для проведения аналогичных ледовых работ, по сравнению с прототипом.

УДК 621.43

Р.В. ФИГУРИН, Л.А. ЗАХАРОВ, Н.Л. ПАТРУШЕВ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ ЧН 22/28**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
ОАО «РУМО»

Одним из основных направлений совершенствования двигателей внутреннего сгорания является повышение надежности газораспределительного механизма (ГРМ). Для обеспечения надежности звеньев ГРМ и длительной стабильности параметров системы с учетом износа деталей механизма необходимо учитывать максимально возможное количество факторов, что обуславливает переход от расчетных схем к численным методам с применением компьютерной техники.

Исследование выполнено в системе динамического анализа «Cosmos Motion», разработанной на базе программного комплекса «Adams» – наиболее развитом и эффективном инструменте виртуального моделирования сложных машин и механизмов.

С этой целью создана подробная твердотельная модель газораспределительного механизма одного отсека газового двигателя ЧН 22/28, которая в «Cosmos Motion» дополнена пружинами клапанов и траверс, газовыми силами, а также контактными взаимодействиями

пар «кулачок – ролик», «колпачок – проставочный сухарь», «клапан – седло», в которых учтено трение и жесткость контакта.

Проводя численные эксперименты, удалось выявить значительные колебания динамических параметров, связанные с особенностями профилей кулачков и учетом в модели ГРМ элементов демпфирования (пружин) и податливости контактных пар. Это дает возможность оценить износ деталей механизма, исследовать процессы нагружения и их роль в образовании шума.

Сравниваются результаты расчета классическим методом и результаты численного моделирования из программы «Cosmos Motion». Результаты, полученные двумя способами, близки, отличие – в возникающих в динамической модели «Cosmos Motion» дополнительных колебаниях параметров.

Для кулачков двух типов – с вогнутым профилем, образованным дугами, и безударным профилем, сформированным замкнутым сплайном, не имеющим разрывов второй производной, – рассчитаны кинематические и динамические параметры движения ролика. Ускорение ролика у безударного кулачка изменяется более плавно, что приводит к снижению интенсивности колебательных процессов в ГРМ, в результате – меньший износ деталей.

Исследовано влияние теплового зазора на динамические параметры ГРМ. Определена зависимость изменения скорости посадки выпускного клапана от величины теплового зазора. При недостаточном тепловом зазоре выпускной клапан остается приоткрытым. Показано, что при повышении давления в камере сгорания клапан под действием результирующей силы садится на седло. При этом тарелка клапана испытывает знакопеременное нагружение большой амплитуды. Конечно-элементный анализ циклической прочности клапана подтвердил причины разрушения выпускных клапанов газопоршневого электроагрегата.

УДК 629.5-52

М.М. ЧИРКОВА, Е.Н. ПОСЕЛЕНОВ

## СПОСОБ ПОДСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ АВТОРУЛЕВОГО

Волжская государственная академия водного транспорта

При автоматическом управлении движением объекта авторулевым (АР) с пропорционально-дифференциальным (ПД) законом управления качество процесса определяется собственными характеристиками объекта, состоянием внешней среды ( $F$ ) и настройкой параметров авторулевого ( $K_1, K_2$ ).

Известно, что при усилении ветра, волнения и на малой глубине фарватера качество управления значительно снижается, если коэффициенты авторулевого остаются постоянными. В существующих адаптивных авторулевых коэффициенты  $K_1, K_2$  подстраиваются, для чего используют математическую модель управляемости объекта. Для речных водоизмещающих судов существует ряд моделей, адекватность которых доказана, но проведенные исследования показали, что одно и то же судно при различных состояниях внешней среды значительно меняет свои характеристики, соответственно, меняется как вид, так и коэффициенты модели. Это значительно ухудшает качество информации, полученной с математической модели судна.

В работе предлагается новый способ подстройки коэффициентов алгоритма: использовать информацию об изменении показателей качества управления. Этот способ не только улучшает качество управления, но и расширяет диапазон изменения состояния внешней среды, при котором АР работоспособен.

Моделирование режима удержания судна на курсе проводилось для двух случаев:

а) для идеальной среды находилось оптимальное соотношение коэффициентов АР и оценивались показатели качества процесса. При ухудшении состояния среды (менялись значения коэффициентов модели судна) оценивались показатели процесса управления при неизменной настройке АР;

б) для каждой среды определялись значения  $K_1$  и  $K_2$ , обеспечивающие наилучшие показатели качества.

Для оценки качества автоматического управления были введены частные показатели ( $n$  – количество переключений руля в минуту,  $T$  – период рыскания,  $\alpha_{\max}$  – максимальное значение переключки руля,  $\varphi_{\max}$  – максимальное значение угла отклонения судна от курса и  $\omega_{\max}$  – максимальное значение угловой скорости рыскания судна на заданном направлении) и обобщенные:

$$J1 = c_1 |\varphi_{\max}| + c_2 |\alpha_{\max}|,$$

$$J2 = d_1 \omega_{\max} + d_2 \frac{1}{T} + d_3 \alpha_{\max},$$

где  $c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$  – весовые коэффициенты, значения которых определялись желаемым вкладом каждого частного показателя в обобщенный.

Расчеты показали, если для адаптации параметров АР пользоваться частными показателями, то наиболее информативным является показатель  $\varphi_{\max}$ , его чувствительность к изменению внешней среды  $\delta\varphi/\delta F = 27$  (для сравнения,  $\delta\alpha/\delta F = 14$ ) Обобщенные показатели дали равнозначные результаты. Ввиду того, что информацию с датчика угловой скорости ( $\omega$ ) для показателя  $J2$  получают раньше, чем информацию с гироскопа об угле отклонения судна от курса ( $\varphi$ ) для показателя  $J1$ , то из обобщенных целесообразно использовать показатель  $J2$ . В дальнейшем при разработке и отладке алгоритма подстройки коэффициентов АР вместо частных были использованы оба обобщенных показателя.

УДК .624.124

Е.А. ГУЩИН, М.Ю. САНДАКОВ

## МОДЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДОВОЙ ХОДКОСТИ СУДОВ С БОЛЬШИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОЛНОТЫ В БИТОМ ЛЬДУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследования взаимодействия судна с большим коэффициентом общей полноты ( $\delta=0,92$ ) с битым льдом поставили вопрос о проведении модельного эксперимента. Цель эксперимента – исследование влияния осадки судна, угла наклона форштевня, угла притыкания ватерлинии к диаметральной плоскости на ледовое сопротивление движению судна при различных скоростях движения. Эксперимент проводился в опытовом бассейне НГТУ при кафедре «Гидромеханика и теория корабля». Для проведения исследований была построена модель несамходного судна пр. № Р-167 в масштабе М 1:50, имеющая размеры (22,2x0,42x0,07) метров. Модель имеет комплект съёмных носовых оконечностей, что позволяет исследовать влияние формы корпуса на силы сопротивления движению в битом льду. Днище модели выполнено прозрачным, что позволило наблюдать движение масс битого льда под корпусом судна (рис. 1).

Ледяной покров моделировался с использованием гранул и плиток полиэтилена по методике проф. В.А. Зуева. Данный материал позволяет смоделировать слоистую структуру мелкобитого льда толщиной слоя  $h_{сл} = 0,7$  м. Был создан канал с мелкобитым льдом длиной  $L_k=12$  и шириной  $B=1,5$  м. Эти размеры канала позволяют избежать влияние кромок канала на движение модели и провести необходимые измерения скорости хода. В процессе модельного эксперимента изменялись некоторые параметры: структура модельного ледяного покрова, толщина слоя модельного льда, осадка модели судна, сила тяги, прикладываемая к судну, форма носовой оконечности модели. Во время эксперимента проводились измерения скорости движения модели, размеров ледовой буксируемой массы (ледовой наделки).



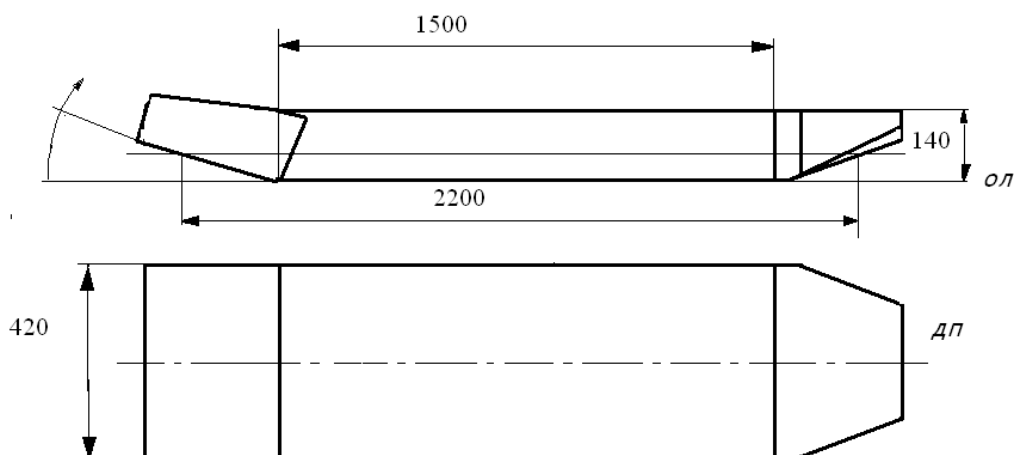


Рис. 1

Впервые была сделана попытка описать и измерить величину ледовой наделки, движущейся вместе с корпусом судна. Ледовая наделка была разделена на две части: впереди форштевня судна и позади форштевня (под днищем судна). Наблюдения за образованием и изменением размеров ледовой наделки позволили описать процесс взаимодействия судна с битым льдом двумя вариантами. Результаты модельных испытаний регистрировались в протоколах, фото- и видеозаписях. Проведённая серия модельных экспериментов позволила найти зависимости силы сопротивления битого льда от скорости движения исследуемого судна при различных осадках и толщинах слоя ледяного покрова.

УДК 620.194.2

И.А. ДЯЧЕНКО

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ СТАЛИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) является процессом, зависящим от комплекса факторов: вида напряженно-деформируемого состояния, концентрации напряжений, химического состава среды, физико-химического состава материала и т.д.

Для изучения закономерностей КРН создана экспериментальная установка. Используется прямоугольный образец из стали 3, консольно нагруженный постоянной нагрузкой. Процесс протекает под действием среды, моделирующей морские условия; 3% раствор NaCl + 1% раствор FeCl<sub>3</sub> + 0,5% раствор NaF. Для активации процесса предварительно наносится надрез в виде трещины.

Выполнен анализ напряженно-деформируемого состояния образца с целью определения допустимых напряжений из условия потери устойчивости и реализации порогового коэффициента интенсивности, необходимого для развития процесса КРН.

Регистрация процесса развития трещины проводится по приращению прогиба консольной части образца. Для этой цели получена тарировочная кривая связи приращения длины трещины и прогиба. Расчеты выполнены с использованием численной процедуры МКЭ.

Процесс коррозионного растрескивания под напряжением является дискретным. Акт увеличения длины трещины сопровождается возбуждением в образце упругих волн. Для регистрации дискретных актов подрастания трещины исследована возможность использования акусто-эмиссионной аппаратуры.

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 623.19.47

А.В. ПОЛЫМОНОВА

### **ИННОВАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА НИЖЕГОРОДСКОГО НИИММ «ПРОМИТЕЙ»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из проблем в условиях Нижегородского НИИММ «Промитей» на сегодняшний день является то, что нельзя обеспечить быструю переналадку оборудования, в связи со скудной оснащённостью участка и нецелесообразным использованием производственных площадей, что, в свою очередь, ограничивает многономенклатурность производства на литейном участке и возможность повышения технико-экономических показателей.

Для решения данной проблемы в работе была поставлена задача: разработать инновационный технический проект модернизации опытно-производственного участка, используя лучший опыт решения проблемы, бенчмаркинг и обеспечив максимальную мобильность производства, энерго- и ресурсосбережение технологических процессов.

В модернизированном литейном участке получают отливки методом центробежного литья, литья в кокиль и литьем в стержни из сплавов БрО10Ф1, АК9ч и 35Л с номенклатурой отливок 35 наименований весом от 1 до 100 кг мощностью 533 т/год, по сравнению с базовым участком имеет улучшенные технико-экономические показатели.

Использование передовых технологий и способов литья позволяет повысить производительность и расширить номенклатуру участка. В спроектированном цехе вместо индукционной печи промышленной частоты используется индукционная печь средней частоты, также на участке применяются новая дуговая печь постоянного тока ДППТ, однопозиционная кокильная машина, центробежная машина с горизонтальной осью вращения, шнековый смеситель, стержневой автомат, дробеструйная камера периодического действия, что снижает трудоемкость работы заливщиков и обрубщиков, численность рабочих, повышает качество отливок и культуру производства.

Внедрен процесс подогрева шихты перед завалкой в плавильный агрегат, что позволяет экономить электроэнергию и сокращать время плавки.

Применение прогрессивной технологии изготовления стержней (Cold-box-amin-процесс) и современного стержневого оборудования позволяет снизить капитальные затраты на изготовление стержней, а также сократить цикл их изготовления, повысить качество изготавливаемых стержней и отливок. Исключение необходимости использования песчано-глинистых смесей удешевляет процесс получения отливок, снижает трудоемкость работы, позволяет экономить металл, делает производство экологически чистым.

Использование вакуумно-плёночной формовки позволяет получать отливки из стали с высокой точностью и чистотой поверхности.

Внедрение новых технологий, например применение экзо- и эндотермических смесей при производстве стали, позволяет устранить брак литья по дефектам усадочного характера,

обеспечить направленное затвердевание стальных отливок с помощью использования карбонатов щелочноземельных металлов, что позволяет упростить и удешевить процесс, а также снизить расход металла на литейную форму, повысить коэффициент выхода годного.

Применение фракционированной перлитовой породы в технологии выплавки стали обеспечивает ощутимое снижение брака по шлаковым включениям и увеличивает стойкость футеровки до 50%.

Организация в проектируемом цехе лаборатории контроля экологической безопасности технологических процессов позволяет контролировать содержание в воздухе рабочей зоны вредных веществ, уровень шума, вибрации и следить за состоянием окружающей среды.

Все перечисленные нововведения на данном опытно-производственном участке дадут возможность в условиях мелкосерийности изделий строить разнообразные технологические цепочки, повысят технико-экономические показатели и позволят увеличить портфель заказов.

УДК 537.63.004

Р.А. ВОРОБЬЕВ, В.Н. ДУБИНСКИЙ

## **ЭВОЛЮЦИЯ МЕЗОСТРУКТУРЫ ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННОЙ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПРИ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Нижегородский государственный технический университет им Р. Е. Алексеева

Деформация и разрушение материалов под воздействием приложенных сил – это основные явления, определяющие механическое поведение материалов. Они могут происходить во взаимодействии с другими явлениями: тепловыми, электрическими, магнитными, химическими. На эти эффекты и их взаимодействие влияет структура материала.

Обработка импульсным магнитным полем (ОИМП) имеет достаточные энергетические ресурсы для воздействия на структуру металла. Они могут быть использованы наиболее полно в том случае, когда исходная структура далека от термодинамического равновесия. Изменение мезоструктуры металлов связано с наличием спектра изменений на различных уровнях морфологии объекта после электромагнитного воздействия.

Проведено исследование влияния параметров магнитно-импульсной обработки на эволюцию мезоструктуры и микротвердость предварительно деформированной стали 10. Под показателями мезоструктуры металлов понимались уровень микронапряжений второго рода и блочная мозаичная структура.

По результатам рентгеноструктурного анализа и измерениям микротвердости установлено существенное влияние ОИМП на определяемые характеристики.

У плоских образцов продеформированных прокаткой на 30% в зависимости от режимов магнитной обработки происходило как увеличение микронапряжений (до 158 МПа), так и их уменьшение (до 37 МПа) по отношению к исходному значению (75.5 МПа).

Анализ построенной регрессионной модели показал, что с увеличением частоты магнитного импульса и напряженности магнитного поля следует ожидать увеличения микронапряжений и размеров блоков мозаики продеформированной на 30% стали 10.

На образцах, продеформированных на 50% и обработанных по нескольким режимам ОИМП, по результатам измерений микротвердости построена линейная математическая модель и установлено, что при всех исследованных режимах ОИМП микротвердость увеличивалась (максимально на 20%) по отношению к деформированному образцу. Значимыми коэффициентами являются частота магнитного импульса и время обработки.

Проводимые работы имеют целью определение таких режимов обработки импульсным магнитным полем, которые обеспечивают повышение качества металлоизделий, дополнительное упрочнение поверхностных слоев, уменьшение опасности хрупких разрушений при экстремальных условиях эксплуатации и неожиданных перегрузках.

## **ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ПЛАВКА – ЭКОНОМИЧНЫЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Ушедший XX век, особенно его вторая половина, вошел в историю как период массового использования ранее неизвестных человечеству, порой просто уникальных, материалов. Неслучайно в последнее десятилетие акцентируется внимание на том, что мы живем в период бурного развития материаловедения, и уже наступивший XXI век назван веком новых материалов. Вместе с тем, объективным является и то обстоятельство, что главным конструкционным материалом XXI века останется сталь. Именно этим объясняется её исключительно важная роль в развитии производственных сил и создании материальной базы человечества.

Сталеплавильное производство в последнее время дало десятки новых марок стали и, тем самым, решило проблемы надежности и технологичности изделий в машиностроении и других отраслях промышленности.

Чтобы повышать надежность и долговечность машин и сооружений при понижении их металлоемкости и трудоемкости изготовления, необходимо опережающее развитие фундаментальной металлургической науки и обеспечение управления процессами формирования качества продукта.

Расширению масштабов производства специальных сталей и сплавов особо высокого качества способствовало появление процесса плазменно-дугового переплава в керамических тиглях и водоохлаждаемых кристаллизаторах. Высокая эффективность этого процесса определяется прежде всего тем, что их применение наиболее полно позволяет решать задачу получения слитка с минимальной физической и химической неоднородностью, что обеспечивает эксплуатационную надежность и долговечность изделий самого ответственного назначения.

Плазменные печи являются одним из самых «молодых» типов печей. В качественной металлургии начаты применение и реализация в промышленных масштабах плавки высоколегированных сталей в плазменно-дуговых печах, плавки тугоплавких металлов и сплавов на их основе в электронно-плазменных печах. Перспективным является применение плазменных шахтных печей для прямого восстановления металлов из окислов металлов, например ванадиевой группы, с использованием карботермического восстановления; ведутся работы по созданию электронно-плазменных печей переработки, переплава и вовлечению в основное производство отходов титановой промышленности.

Перспективными также признаны такие процессы, как выращивание металлических и керамических кристаллов, выплавка легированных высокотемпературных огнеупоров, восстановительная плавка, испарение и возгонка в плазменных печах.

Сравнительный экономический анализ различных методов электроплавки показывает:

1) плазменная плавка в печах с футеровкой может быть самой экономичной, поскольку за счет снижения угара (при плавке) и увеличения выхода годного (при дальнейшем переделе), по сравнению с плавкой в ДСП, возможно уменьшение сквозного расхода металла, снижение себестоимости (на 10-15%) при меньших удельных капитальных затратах (на 10-12%);

2) плазменный переплав в печах с кристаллизатором занимает промежуточное положение между вакуумно-дуговым переплавом и электронной плавкой. Однако при использовании ПДП с расходующимся плазматроном экономичность процесса возрастает.

**НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ**

Владимирский государственный университет

В последние годы разработке и исследованию композиционных сплавов уделяется пристальное внимание. Значительный объем исследований связан с композиционными сплавами на основе алюминия, армированными дисперсными частицами, поскольку они являются одними из наиболее перспективных материалов для конструкционных и функциональных применений. Однако с технологической точки зрения существует множество трудностей, возникающих при разработке и внедрении таких сплавов.

Анализ литературных данных показывает, что в настоящее время значительное внимание уделяется разработке литейных методов получения композиционных сплавов. Решающая роль в процессах жидкофазного совмещения металлических матриц с армирующими наполнителями принадлежит явлениям высокотемпературной смачиваемости, адгезии и контактного взаимодействия. Эти же явления определяют состояние и структуру границ раздела фаз и прочность адгезионных контактов в получаемых продуктах или изделиях и, как следствие, качество и эксплуатационные свойства композиционных сплавов.

Среди литейных методов получения композитов выделяют такие, как самопроизвольная или принудительная пропитка пористых брикетов из порошков, механическое замешивание дисперсных наполнителей в матричный расплав, а также методы, основанные на формировании эндогенных армирующих фаз заданного состава непосредственно в расплаве (*in-situ*-процесс). Из перечисленных способов, на взгляд авторов, наиболее перспективным является *in-situ*-процесс, поскольку эндогенные упрочняющие фазы обладают высокой термодинамической стабильностью и хорошей адгезией с матрицей, что дает основание рассчитывать на достижение в конечном итоге высоких механических и эксплуатационных свойств. Кроме того, такие технологии в перспективе имеют большой потенциал для своей интеграции в стандартные технологические процессы получения сплавов в условиях действующих производств.

Новые более широкие возможности для прогнозирования и целенаправленного регулирования свойств композитов открываются при комплексном армировании матриц эндо- и экзогенными наполнителями различной природы и размеров, в том числе наноразмерными, формирующимися при протекании реакций *in-situ* между компонентами композиционных смесей и матричным расплавом.

По разработанной авторами технологии комплексного армирования получены композиционные сплавы на базе стандартных алюминиевых сплавов, армированных частицами  $Al_2O_3$ ,  $TiB_2$ ,  $TiC$ ,  $TiAl_3$ ,  $TiAl$ ,  $SiC$ . Проведенные исследования физико-механических и триботехнических свойств новых композитов свидетельствуют о перспективности их использования в различных областях современной техники.

**ЛИТЬЁ ПО ПЕНОПОЛИСТИРОЛОВЫМ МОДЕЛЯМ В ЕДИНИЧНОМ И МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Все технологии получения отливок по пенополистироловым моделям можно разделить на два направления: RP- технологии и литье по газифицируемым моделям.

RP-технологии – технологии быстрого прототипирования Rapid Prototyping (RP), в основе которых лежит создание компьютерной трехмерной модели, т. е. создание САD-модели с последующим получением физической модели прототипа на установках быстрого прототипирования.

RP-технологии получили большое развитие в автомобилестроении, авиакосмической промышленности, электронике, потребительских товарах, художественном литье и т.д.

Технология быстрого прототипирования включает:

- получение трёхмерной цифровой модели в формате STL;
- разбиение цифровой модели на поперечные сечения (слои) с помощью специальной программы, поставляемой с оборудованием или используемой как приложение;
- построение сечений детали слой за слоем снизу вверх до тех пор, пока не будет получен физический прототип модели.

При этом слои физически связываются между собой.

В настоящее время используется несколько различных технологий получения прототипов, одними из самых распространенными из них является SLA (лазерная стереолитография) и SLS-лазерное спекание порошка.

Наиболее перспективной из них является SLS-технология (Selective Laser Sintering). Суть SLS-процесса состоит в послойном спекании порошковых материалов. В качестве материалов используются полиамид, полистирол, плакированный литейный песок и некоторые металлы. Используя полистирол и технологию литья в оболочковые формы, могут быть получены качественные отливки практически любой сложности. Модель после выращивания получается хрупкой, для придания большей прочности ее пропитывают парафином. В последнее время разработаны пенополистироловые материалы, которые не требуют пропитки. Технология получения отливки мало чем отличается от обычной технологии литья по выплавляемым (в данном случае «выжигаемым») моделям) и предполагает использование тех же формовочных материалов и того же оборудования. Важнейшим преимуществом применения RP-технологий в литейном производстве является возможность получения отливок без необходимости изготовления деревянной оснастки, что позволяет значительно сократить сроки изготовления и доводки опытных образцов. Именно для изготовления опытных образцов применение RP-технологий оказываются наиболее рациональным, поскольку в подавляющем большинстве случаев первый, пилотный образец настолько значительно отличается от конечного серийного образца, что переделка литейной оснастки, изготовленной для литья пилотного образца зачастую либо невозможна, либо сопоставима по затратам с изготовлением новой оснастки

Изготовление модели при литье по газифицируемым моделям может производиться и на станках с ЧПУ. При этом полученную модель просто заформовывают и заливают или готовую собранную форму сначала прокалывают в печи, удаляя модель, а потом заливают.

Преимущества литья по газифицируемым моделям при применении современных цифровых технологий многократно возрастают прежде всего за счет сокращения цикла изготовления модели. При этом модель может создаваться либо на установке быстрого прототипирования, либо на станках с ЧПУ. Кроме многократного сокращения времени подготовки производства использование цифровых технологий существенно повышает точность и уменьшают расход материалов.

Таким образом, одним из путей повышения эффективности литья по газифицированным моделям является дальнейшее внедрение цифровых технологий в процесс проектирования и изготовления газифицируемых моделей в единичном и мелкосерийном производстве.

УДК 621.78

И.А. СЕЛЬЦОВА

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ НОЖЕЙ И ПИЛ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Цель работы:* исследование закономерностей износостойкости инструментальных сталей для ножей и пил.

В настоящее время мировая промышленность производит множество материалов, об-

ладающих разнообразными свойствами. При этом одной из основных производственных проблем является повышение износостойкости обрабатываемого инструмента и увеличение срока его службы. Замена изношенных деталей означает потери времени и снижение производительности линий.

Любой вид изнашивания обусловлен прежде всего сложным процессом трения и разрушения материала конкретной детали или инструмента. Основу изнашивания составляет отношение внешнего воздействия (в виде усилия, напряжения, скорости приложения нагрузок, количества движения, подведенной энергии) к соответствующим характеристикам деформируемых тел.

Для инструмента главное требование – сохранение твердости при длительном нагреве, так как механическая энергия в процессе резания превращается в тепловую, режущая кромка инструмента сильно нагревается (до красного каления) при тяжелых условиях резания. Режущая часть инструмента должна иметь высокую износостойкость, а также достаточную прочность при некоторой вязкости для предупреждения поломок инструмента в процессе работы.

Были проведены эксперименты, иллюстрирующие процесс износа различных материалов в различном термическом состоянии. В исследования вошли зависимости износа от размера зерна абразива, а также были проведены исследования износа по увлажненному абразиву на образцах из стали марок 6ХС и 6ХВ2С.

При проведении эксперимента исследовались семь образцов из стали марки 6ХС и семь образцов из стали марки 6ХВ2С с различной термической обработкой на шлифовальной шкурке одной марки 12-Н 14А ГОСТ 13344 (одинаковой зернистости), по три образца каждой марки стали с режимами отпусков на шлифовальной шкурке различной зернистости (12-Н 14А ГОСТ 13344; 25-Н 14А ГОСТ; 40-Н 14А ГОСТ), по одному образцу из сталей марки 6ХС и 6ХВ2С исследовались на износ на увлажненной шкурке марки 12-Н 14А ГОСТ 13344. Испытания проводились на установке для приготовления шлифов с установкой шлифовальной шкурки на полировочный круг. Нагрузка на образец, скорость вращения круга и радиус вращения образца были постоянными. С каждым образцом использовалась новая шлифовальная шкурка. Износ определялся по изменению массы с использованием аналитических весов АДВ 200М 2 класса точности. Время изнашивания каждого образца задавалось 60 секунд.

Анализ результатов показал, что для разной термической обработки характерен и различный износ. Чем больше твердость инструмента, тем выше износостойкость, но одновременно увеличивается хрупкость стали. На основе рентгеноструктурного анализа получены данные о структурных составляющих и микронапряжениях. На износ также влияют условия эксплуатации инструмента.

На основе полученных данных будет построена модель влияния различных критериев (сопротивления пластической деформации, показателя напряженного состояния, предельной удельной энергии деформации) на износостойкость сталей и разработаны рекомендации по предотвращению разрушения режущего инструмента и повышению ресурса его работы.

УДК 621.074

А.М. ТИМОФЕЕВ

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА В УСЛОВИЯХ ОАО «ГАЗ»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На территории завода ОАО «ГАЗ» располагается ряд производств, специализация которых широка: от переработки поступающего на завод сырья до выпуска готовой продукции. Основным заготовительным производством на ОАО «ГАЗ» является литейное производство,

поэтому вопросу его развития, предусматривающему совершенствование способов получения литых заготовок из высококачественного чугуна, уделяется большое внимание.

Чугун относится к числу постоянно востребованных материалов, получивших наиболее широкое распространение в машиностроении. Микроструктура чугуна весьма разнообразна и является определяющим фактором, обеспечивающим его физико-механические и эксплуатационные свойства.

Исследования последних лет показали, что процесс модифицирования исходного расплава различными добавками является важнейшей технологической операцией, наиболее эффективным и довольно доступным средством повышения прочностных и эксплуатационных свойств чугуна в отливках за счет изменения формы включений графита, характера их распределения, а также за счет воздействия на формирование металлической матрицы при кристаллизации.

В литейном производстве ОАО «ГАЗ» получили распространение несколько способов модифицирования:

- процесс «сэндвич с защитным покрытием»;
- модифицирование чугуна в автоклавах;
- внутриформенное модифицирование чугуна (Inmold-процесс).

Производство на ОАО «ГАЗ» является массовым, поэтому из всех видов обработки расплава способ внутриформенного модифицирования является наиболее целесообразным по технологическим, экономическим и экологическим показателям:

- очень низкая интенсивность реакции;
- отсутствует выделение газов и дыма (не требуется дополнительная система газоочистки);
- высокий процент усвоения модификатора.

Дальнейшее исследование и совершенствование этого способа обработки чугуна, а также рассмотрение возможности его объединения с дополнительной обработкой (например, рафинирования) является актуальным и востребованным на данный момент.

УДК 669

А.А. МАЛЕЕВ

## **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ВЫСОКООТВЕТСТВЕННЫХ ОТЛИВОК**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Зачастую литейные предприятия не владеют в полной мере информацией о новых тенденциях в технологии фильтрования, что приводит к исключению фильтрования из производственного процесса как якобы неэффективного метода обработки жидкого металла. Кроме того, на многих заводах, возможно, используют устаревшие методы фильтрования и неподходящие типы фильтров, следствием чего является повышенная трудоемкость либо более низкий уровень качества.

Фильтрование жидкого металла все чаще используют на литейных заводах. Применение данной технологии дает целый ряд преимуществ. С одной стороны, фильтрование помогает получать отливки более высокого качества и снижать процент брака при их производстве, с другой стороны, эта технология позволяет более рационально использовать жидкий металл, снижая издержки на финишную обработку отливок (оснастка, рабочая сила, трудоемкость).

Иногда бывает сложно разместить фильтр в литниковой системе формы в оптимальном положении, при котором достигается наибольший эффект от фильтрования. Поэтому рекомендуется применять различные решения по фильтрованию на нескольких



технологических этапах, предшествующих заливке металла в форму. Особенно целесообразно внедрять данные решения в цехах литья под давлением с целью уменьшения дефектов литья (дефекты поверхности, газовая пористость, негерметичность и т.д.), причиной которых является наличие первичных включений в расплаве.

УДК 620.22

Е.Н. ГРИШИН, И.М. МАЛЬЦЕВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОЙ ПРОКАТКИ МЕТАЛЛОВ С ТОКОМ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Цель работы.* Целью работы является изучение влияния электропластической деформации на свойства металлов.

В настоящее время в машиностроении широкое распространение получают электрофизические методы обработки материалов. Суть электрофизических методов заключается в том, что через материал пропускают электрический ток. Явление электропластической деформации металлов было открыто в 1969 году. Оно основано на электропластическом эффекте, который был обнаружен в 1969 году при действии одиночными импульсами тока плотностью  $\sim 10^5 \text{ А/мм}^2$  и длительность  $\sim 10^{-4}$  сек на деформацию кристаллов цинка растяжением и сжатием. Электропластический эффект является объективно существующим явлением. Он проявлялся в скачкообразных удлинениях образцов при прохождении по ним каждого импульса тока без какого-либо существенного теплового эффекта и тепловой дилатации образцов.

*Методика эксперимента.* В процессе исследования проводилась холодная деформация и электроимпульсная деформация при прокатке образцов меди, алюминия, титана (марки М1, А6 и ВТ1-0 соответственно) диаметром 5 мм и длиной 100 мм. Прокатка образцов проводилась со скоростью 0,31 рад/с в жесткофиксированных валках-электродах, которые выполнены из стали ХВГ, с твердостью рабочей поверхности 55 НРС, шириной рабочей поверхности 20 мм. Сила тока в импульсе, проходящем через очаг деформации, достигала 10 КА, длительность импульса равна 0,02 сек, скважность 0,5. Были проведены измерения временного сопротивления при растяжении, относительного удлинения. Было определено влияние степени деформации на величину временного сопротивления при растяжении и относительного удлинения. Также было исследовано влияние степени деформации на ширину дифракционных максимумов.

### **Выводы**

Исследованы процессы электропластической деформации образцов меди, алюминия и титана (марки М1, А6 и ВТ1-0 соответственно) с током высокой плотности. При исследовании прочностных и пластических свойств металлов технической чистоты после прокатки с пропусканием через очаг деформации импульсного тока высокой плотности установлено, что при ЭДП растут как прочностные, так и пластические свойства при увеличении степени деформации. Изменение временного сопротивления при растяжении и относительного удлинения металлов, а также предельной удельной энергии деформации происходит в случае проявления незначительного термического эффекта, сопутствующего ЭДП, и что эти показатели растут при увеличении степени деформации тем больше, чем выше у металла значение показателя  $F$  в условиях, когда температура остается значительно ниже рекристаллизационной. Применение ЭДП перспективно для обработки металлических материалов с заданными свойствами.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Цель работы* – изучение скоростной электротермической обработки конструкционных проволочных сталей крепежной и пружинной продукции, их структуры и свойств после скоростного электротермического нагрева.

Широкое распространение в металлургии получили электрофизические процессы. Эти процессы связаны с прохождением электрического тока через изделие при его обработке. К ним можно отнести электронагрев при термической обработке, электроспекание металлических порошков, электропластическую деформацию компактных металлов и сплавов. Способы различаются по частоте электрического тока, его плотности и виду. Наибольший интерес представляют технологии, где используется электрический ток высокой плотности  $10^8$ - $10^9$  А/м<sup>2</sup>. Достоинством электронагрева является технологическая простота, высокие скорости процесса и специфичное поведение металлов в сильных электромагнитных полях. Это создает ряд важнейших преимуществ, таких как высокая производительность, практическое отсутствие окисления и обезуглероживание поверхности нагреваемых изделий.

*Методика эксперимента.* Во время проведения исследования скоростной электротермической обработки (СЭТО) использовались образцы длиной 100 мм и диаметром 5 мм из проволочной стали марок 25, 50ХФА и 65Г. Операцию СЭТО проводили на установке конструкции НГТУ. Потребляемая мощность данной установки 40 кВт. Для проведения эксперимента использовали электроконтактный нагрев током высокой плотности  $10^8$  -  $10^9$  А/м<sup>2</sup> в импульсном режиме. Длительность импульса 0,2 с, паузы 0,2 с. Скорость нагрева составила 200 - 250 К/с. Форма импульса тока синусоидальная, исключая эффект Томпсона - Пельтье. Частота импульсов тока 25 Гц. В ходе эксперимента были определены физико-механические свойства, изучены факторы, влияющие на стабильность свойств твердости и изменение удельного электросопротивления. Исследована структура.

**Выводы**

Были изучены процессы скоростной электротермической обработки конструкционных сталей. Проведены исследования, которые показали, что при электроконтактном нагреве повышается конструктивная прочность и вязкость разрушения сталей, устраняется отпускная хрупкость при электрическом отпуске, в сравнении со сталями, подвергшими печной обработке. При применении скоростной электротермической обработки происходит измельчение зерна, в результате чего улучшается комплекс физико-механических свойств, что обеспечивает высокую твердость в сочетании с высоким значением сопротивления разрушению стали. Применение токов высокой плотности при электротермической обработке сталей позволяет проводить нагрев за короткое технологическое время.

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ СТАЛИ 38ХЗНЗМФА  
НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И СООТНОШЕНИЕ КРИТЕРИЕВ РАЗРУШЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из важнейших характеристик структурно-энергетического состояния поликристалла является предельная удельная энергия, затраченная на его деформацию до момента разрушения  $W_c$ :

$$W_c = 0,5 * (\sigma_T + \sigma_K) * \xi^{\text{пред}}, \quad (1)$$

$$W_c = \sigma_K * \xi^{\text{пред}} / (1+n), \quad (2)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести;  $\sigma_K$  – истинное сопротивление разрушению;  $\xi^{\text{пред}}$  – истинное сужение площади поперечного сечения образца к моменту разрушения;  $n$  – показатель деформационного упрочнения;  $W_c$  – показатель энергоемкости материала металла.

Чем выше  $W_c$ , тем труднее в металле зарождаются и распространяются трещины. Поскольку в формулы (1, 2) входят и прочностные, и пластические характеристики материала, то поведение  $W_c$  имеет очень сложную зависимость.

Другой важной характеристикой состояния материала является твердость, которую можно считать показателем внутреннего напряженного состояния, оценивающегося с помощью коэффициента  $\Pi_{\text{сэс}}$ :

$$\Pi_{\text{сэс}} = \text{НВ} / \sigma_T - 2. \quad (3)$$

Чем выше  $\Pi_{\text{сэс}}$ , тем легче в металле происходит трещинообразование.

Кроме общеизвестных механических параметров, существуют параметры разрушения  $K_{\text{зт}}$ ,  $K_{\text{рт}}$  и комплексный параметр хрупкости материала  $K_{\text{хр}}$ :

$$K_{\text{зт}} = W_c / \sigma_T, \quad (4)$$

$$K_{\text{рт}} = (0,75 - 0,5) * W_c, \quad (5)$$

$$K_{\text{хр}} = K_{\text{рт}}^2 / (K_{\text{зт}} * \sigma_T). \quad (6)$$

Знание механических свойств, а также комплекса величин  $W_c$ ,  $K_{\text{зт}}$ ,  $K_{\text{рт}}$ ,  $K_{\text{хр}}$  позволяет полнее оценить состояние стали после разных упрочняющих обработок (закалка и отпуск) и сравнивать их между собой (табл. 1).

**Таблица 1**

**Значения механических свойств и критериев разрушения для стали 38ХЗНЗМФА**

состояние	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\Psi$ , %	$W_c$ , МДж/м <sup>3</sup>	$K_{\text{зт}}$	$K_{\text{рт}}$ , 10 <sup>-6</sup> (Дж/м <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	$K_{\text{хр}}$ , 10 <sup>-9</sup> (Дж/м <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>
з850+о200	1590	1800	43	1231	0,774	0,979	0,778
з850+о300	1470	1080	46	1292	0,879	0,949	0,696
з850+о400	1400	1540	45	1179	0,842	0,825	0,577
з850+о500	1290	1370	45	1087	0,843	0,701	0,451
з850+о600	1130	1200	55	1432	1,267	0,809	0,457

Из таблицы видно, что с повышением температуры отпуска значения критериев разрушения уменьшаются. Критерий хрупкости уменьшился в 1,7 раза, критерий распространения трещин – в 1,2 раза; критерий зарождения трещин вырос в 1,6 раза, энергоемкость – в 1,16 раза. Предел текучести и предел прочности уменьшились в 1,4 и 1,5 раз соответственно. Все это позволяет выбрать оптимальный режим термообработки стали.

УДК 66.041.2

Л.К. ЖУРАВЛЕВА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТПУСКНОЙ ПЕЧИ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

При нагреве деталей в печах металл взаимодействует с воздухом печи. Результатом такого взаимодействия является окисление, ведущее к образованию окалины на поверхности нагреваемого металла, и обезуглероживание — частичное или полное выгорание углерода в поверхностных слоях стали. Образование окалины на заготовках наносит большой вред.

Окисление приводит к потерям металла, усложняет обработку деталей, затрудняет получение высокой и равномерной твердости. Потери металла при нагреве составляют до 3%

массы обрабатываемых деталей. В обезуглероженном слое появляются мягкие пятна и возникают растягивающие напряжения, что снижает прочность, износостойкость и предел выносливости, т. е. снижает срок службы деталей.

Практически осуществить нагрев металла без образования окалины очень трудно, но надо стремиться к ее уменьшению. На образование окалины главное влияние оказывает время нагрева заготовки. Чем меньше время нагрева, тем меньше окалина.

Полностью безокалинный нагрев достигается только в том случае, если заготовка нагревается при отсутствии окалинообразующих газов. Это и является первоочередной задачей, которую необходимо решить. В закалочных печах применяют защитную атмосферу, в частности эндогаз. Но при температуре менее 700°C он взрывоопасен. Поэтому его необходимо разбавить взрывобезопасным азотом, чтобы снизить концентрацию взрывоопасных компонентов. Вследствие чего предъявляется ряд требований к работе и конструкции печей, работающих с применением контролируемых атмосфер.

Также необходимо обеспечить герметичность печи, чтобы предотвратить подсос воздуха в рабочее пространство печи и исключить повышенный расход газа через неплотности в печах. Для этого на уровне загрузочного проема необходимо создать пламенную завесу, которая предотвращает попадание кислорода в рабочее пространство печи, что сохраняет требуемый состав газа без увеличения расхода контролируемой атмосферы.

Применение контролируемых атмосфер оказывает существенное влияние на конструкцию и условия эксплуатации электрических печей и предъявляет к ним ряд дополнительных требований. Кроме соблюдения теплового графика «температура-время», необходимо иметь в рабочем пространстве печи состав атмосферы, обеспечивающий получение качественного изделия.

Газовый режим печи с контролируемой атмосферой должен быть организован таким образом, чтобы обеспечивать получение изделий требуемого качества. Для этого в проходных печах состав атмосферы в каждой точке рабочего пространства должен иметь определенное и постоянное значение и закономерно изменяться по длине рабочего пространства; различия в составе атмосферы по ширине проходной печи не должны превышать допустимых пределов.

Таким образом, за счет создания в отпускной печи контролируемой атмосферы предотвращено образование окалины и исключена необходимость дальнейшей механической обработки.

УДК 621.784

С.А. КАРПОВА

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВАННЫ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ РАСПЛАВА ЦИНКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для нанесения защитного покрытия используется ванна горячего цинкования с габаритами 7770x2990x1336 мм. Обрабатываются горячекатаные трубы из ст10..20  $d=159-219$  мм и длиной 4500 мм.

Дно ванны цинкования заполняется слоем свинца (марки С0 или С1) не менее 100 мм – это так называемая подовая подушка.

Основными недостатками ванны являются:

1. Неравномерность распределения температуры по периметру рабочего пространства.
2. Большой расход цинка. Вследствие взаимодействия железа с расплавом цинка образуется гартцинк (сплав железа с цинком). Гартцинк тяжелее цинка, он осаждается на дне ванны, его периодически вычерпывают и как отход складывают.

Для решения первой проблемы были заменены горелки на плоско пламенные горелки типа ГПП. Они относятся к горелкам с улучшенным смешением газа и воздуха, это достигается:

- увеличением пути перемешивания и продолжительности контакта газа и воздуха внутри горелки;
- разделением потока газа и (или) воздуха на мелкие струи;
- направлением потоков газа и воздуха под углом друг к другу;
- закручиванием потоков газа и (или) воздуха.

В результате улучшения смешения в этих горелках удается получить более короткий и высокотемпературный факел, чем в горелках без предварительного смешения, и снизить потребный коэффициент расхода воздуха.

С их помощью воздух может быть подогрет до температуры 500°C, что обеспечивает нагрев расплава до температуры плавления цинка и создания равномерного теплового режима по периметру.

С целью устранения второго недостатка авторами использован материал патента №2219285, что позволяет уменьшить себестоимость обрабатываемой продукции. Мы снижаем расход цинка за счет уменьшения взаимодействия расплавленного цинка с железом, из которого изготовлена внутренняя ванна. Это достигается путем нанесения на внутреннюю поверхность ванны защитного слоя, содержащего, масс %:

- силикат натрия (жидкое стекло  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  или  $\text{Na}_2\text{OSiO}_2$ )- 82-86;
- порошок графита (марки ГЛ-1)- 14-18.

Для получения жидкого стекла твердую соль  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( $\text{Na}_2\text{OSiO}_2$ ) растворяют в горячей (80–90°C) воде. Потом в жидкое стекло добавляют тоже определенное количество порошка графита, компоненты перемешивают и полученную смесь наносят на внутреннюю поверхность ванны толщиной 2–3 мм.

После установки ванны на место эксплуатации осуществляют сушку нанесенного защитного слоя при температуре 120–140°C в течение 1–2 часов.

Эффект получают за счет того, что в предложенном способе используют определенное количество сильной щелочи ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), которая взаимодействует с металлом ванны. В данном случае легкоплавкий окисел  $\text{Na}_2\text{O}$  взаимодействует с металлом ванны, обеспечивая этим прочное сцепление защитного слоя с поверхностью ванны. При этом окись натрия также исполняет роль защитного слоя. Кроме этого, введение порошка графита в защитный слой дает возможность улучшить теплопроводные свойства защитного слоя и за счет этого уменьшить его отслаивание, возникающее из-за разности температур между металлом ванны и защитным слоем.

УДК 548.73.187.

Р. А. БЛЯКЕВИЧЮС, С. В. ХАРИТОНОВ

## **ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ ГИРОСКОПА НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ СПЛАВОВ ТИПА 44НХТЮ И 36НКВХБТЮ-ВИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При разработке элинварных материалов для изготовления гироскопа следует учитывать их структурные характеристики: размер зерна, степень неоднородности структуры, состояния поверхностного слоя, фазовый состав сплава.

Установлено, что получение оптимальных значений термоупругого коэффициента и механических свойств элинварного сплава удаётся обеспечить жёсткой регламентацией зёрненной структуры. В случае, когда размер зерна оказывается соизмеримым с сечением

структуры, в условиях высокочастотного знакопеременного нагружения может происходить её разрушение уже при начальных циклах. Показано, что оптимальная величина зерна не должна превышать 20–25 мкм и должна характеризоваться размером и однородностью.

Динамическое старение элинварных сплавов повышает комплекс механических свойств: повышение прочностных характеристик и относительного удлинения за счёт уменьшения пластичности. Такое поведение механических свойств характерно для образования упорядоченных структур и связано с выделением второй фазы в поле напряжений.

Изменение модуля упругости в метастабильном материале может быть вызвано выделением интерметаллидной фазы, технологической обработкой, приводящей к пересыщению матричной фазы по растворённым элементам, либо по дефектам кристаллической решётки. Такие дефекты наблюдаются в результате закалки на пересыщенный твёрдый раствор или вследствие значительной пластической деформации. При нагреве материала с такой неравновесной структурой в нём будут происходить превращения, направленные на получение равновесного состояния. Это может привести к сохранению постоянства модуля упругости.

Таким образом, проблема создания гироскопа на основе прецизионных сплавов типа 44НХТЮ и 36НКВХБТЮ-ВИ прежде всего связана с разработкой методов исследования фазовых и структурных превращений, основанных на рентгеноструктурном анализе с привлечением растровой электронной микроскопии металлографии.

УДК 623.19.47

Е.В. ЗИМОНАС

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ ДСП-5**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Выплавка высококачественной стали в дуговых сталеплавильных печах (ДСП) в настоящее время становится экономически более целесообразной, чем в мартеновских или печах другого типа. Однако многие существующие ДСП морально и физически устарели, а создание новых требует значительных капиталовложений. Поэтому следует признать экономически целесообразной модернизацию ДСП на основе замены системы управления и ряда исполнительных устройств на более современные. При этом должны использоваться современные, наиболее эффективные законы управления, а также многоуровневая система автоматизации с развитыми системами визуализации диагностики, статистической обработки и документирования.

Всем этим требованиям можно удовлетворить при использовании мощных программируемых контроллеров и современных систем привода электродов на нижнем уровне автоматизации и промышленных персональных ЭВМ – на верхнем. При этом должны существенную роль играть алгоритмы регулирования и быстрогодействия отдельных элементов системы. Последнее связано с тем, что одним из основных параметров, определяющих и качество стали, и удельный расход электроэнергии, является дисперсия тока дуги, и её уменьшение следует считать одной из главных задач модернизации печи.

Подводя итоги проделанной работы, следует отметить практическую значимость полученных результатов:

1. Результат внедрения системы автоматики и использование экранов позволяет сократить период плавки, что приводит к сокращению затрат на электроэнергию, снижает мощность трансформатора, питающего печь. В сочетании с использованием тепловых экранов повышает стойкость футеровки, сокращая тем самым продолжительность её ремонтов и их число, исключает затраты на них.

2. Повышает управляемость технологическим процессом плавки, отвечает современным требованиям, предотвращая тем самым возникновение аварийных ситуаций.

3. Позволяет повысить тепловой коэффициент полезного действия плавильного агрегата на 3,83%.

4. Позволяет снизить выбросы от плавильного агрегата на 2,27%.

Все эти факторы приводят к повышению производительности с сокращением материальных издержек на обслуживание, ремонт печи, удешевляя тем самым выпуск единицы продукции, и позволяет экономить до 20210 руб. в год. Актуальной на сегодняшний день является проблема энергосбережения, отмеченная в "Энергетической стратегии России до 2020года". Полученные результаты позволяют утверждать, что внедрение и использование системы автоматизации с PLC японской компании OMRON обеспечивают решение этой проблемы.

УДК 621.762

А.А. СОКОЛОВ, Л.А. ПЫРЯЛОВ

### **ПОРИСТЫЙ ЛИСТОВОЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ПОРОШКА КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ ДЛЯ ПРОТОЧНЫХ ФИЛЬТРОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проточные фильтры нашли широкое применение в производстве окиси алюминия. Принцип действия такого фильтра заключается в том, что в кольцевом канале фильтрующего элемента создается избыточное давление потока суспензии, препятствующее образованию осадка. Фильтрующий элемент представляет из себя пористую трубу, внутри которой находится труба из компактного материала с дренажными каналами и прорезами для прохода фильтрата (воды). При движении потока суспензии со скоростью 1,0-1,5 м/сек и перепаде давления 2,5-3,0 атм суспензия сгущается до предельного содержания твердой фазы (окиси алюминия).

Пористые трубы изготавливаются из порошка коррозионно-стойкой стали марки ПХ18Н15 путем его прокатки в ленту толщиной 0,45 мм с пористостью 45% и последующего спекания.

Для получения пор определенного размера и повышения равномерности свойств ленты применяется порошок с размером частиц от 0,180 до 0,200 мм. После спекания лента обрезается в размер и подвергается калибровке. Затем листы на специальном приспособлении изгибаются в трубу диаметром 57 мм и свариваются. Для предупреждения окисления сварка должна проводиться в среде аргона.

Для восстановления фильтрующей способности (проницаемости) трубок фильтр через каждые пять дней промывается увеличенным потоком суспензии и противотоком отфильтрованной жидкости.

УДК 621.762

Д.Е. ДУЦЕВА, Н.Ю. МИХАЙЛОВА, В.А. СКУДНОВ

### **ЭЛЕКТРОННЫЙ КАТАЛОГ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Электронный каталог представляет собой систему для модернизации существующих и разработки новых нанопропрочняющих технологий обработки штамповых сталей. Целью данной работы является повышение эффективности проектирования на нынешнем уровне развития техники из-за возникающей потребности в структуризации технологических знаний,

приобретающей особенную остроту в связи с развитием коллективных форм проектных работ и применением ЭВМ в проектировании.

Электронный каталог будет содержать следующие разделы: номенклатура штампов, чертежи изделий и технические требования к ним, материалы, режимы термической обработки, оборудование, контроль качества, научная часть, которая включает в себя возможную замену материала и технологии обработки.

В данном каталоге также будут содержаться программы ЭВМ, разработанные на кафедре «Металловедение, термическая и пластическая обработка металлов» (МТПОМ) по выбору материалов, расчета механических свойств и критериев разрушения синергетики, расчета поведения предельных характеристик материалов и критериев разрушения.

В дальнейшем возможно дополнение каталога не только технологиями изготовления штампов, но и других изделий. Электронный каталог можно использовать как на производстве, так и при обучении будущих специалистов.

Высокие наукоемкость и оперативность электронного каталога обеспечат:

- быстрое понимание и обучение;
- переход на информационный принцип принятия решений;
- сокращение сроков разработки технологий получения изделий;
- повышение производительности интеллектуального труда.

УДК 621.74

О.В. БОГДАНОВ, С.В. ДЕЛЬЦОВ, В.Л. СИВКОВ

### **ВЛИЯНИЕ ОБЪЁМА ПИТАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВОВ С ШИРОКИМ ИНТЕРВАЛОМ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В НИХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современном машиностроении большое внимание уделяется повышению *массовой эффективности*. При максимальных механических свойствах изделие должно иметь минимальную массу. С целью регулирования рабочих свойств сплава в его состав вводятся легирующие добавки. Особое значение *массовая эффективность* имеет при производстве деталей для авиационной техники. С этим связано широкое применение высокопрочных алюминиевых сплавов в конструкции современных летательных аппаратов. ВАЛ10 (АМ4,5Кд) имеет наиболее высокие эксплуатационные характеристики, по сравнению с другими алюминиевыми сплавами, такими как АЛ9 и АЛ19, используемыми при получении литых заготовок для авиационной техники. Это обусловлено особенностями легирующего комплекса данного сплава. Сплав АЛ9 включает алюминий, кремний, магний. Сплав АЛ19 содержит алюминий, медь, марганец и титан, которые образуют интерметаллидные фазы, в частности  $TiAl_3$ . Эти фазы совместно с  $CuAl_2$  формируют твёрдый каркас по границам дендритных зёрен и придают сплаву повышенную жаростойкость. Сплав ВАЛ10, кроме меди и титана, содержит кадмий в количестве 0,07...0,25% и имеет более сложный, чем сплав АЛ19, фазовый состав и также обладает повышенной жаростойкостью.

В то же время легирующие добавки оказывают влияние и на литейные свойства (чаще отрицательное, чем положительное). При хороших эксплуатационных характеристиках сплав ВАЛ10 обладает высокой усадкой, низкой жидкотекучестью и склонностью к горячим трещинам. Это объясняется тем, что данный сплав имеет широкий интервал затвердевания, составляющий  $110^{\circ}C$ , обусловленный сложным химическим составом сплава. В отливках, произведённых из сплава ВАЛ10 в условиях ОАО НАЗ «Сокол», наблюдается значительное количество усадочных и газовых дефектов. Рассеянная усадочная пористость формируется на стадии твёрдожидкого затвердевания, когда между отдельными дендритами и их ветвями



оказываются участки расплава, изолированные от основной массы жидкого металла в центральной зоне отливки. Газовыделение из формы в тело отливки происходит на этапах снятия перегрева расплава и затвердевания. Активное выделение растворённых газов в металле происходит при кристаллизации.

На базе ОАО НАЗ «Сокол» были проведены исследования процесса кристаллизации отливки «Дуга» из алюминиевого сплава ВАЛ10, получаемой литьём в разовую сырую песчано-глинистую форму. Были произведены расчёты питающей системы отливки, которые позволили определить её оптимальный объём. Математическое моделирование заливки и затвердевания «Дуги» показало, что увеличение объёма питающей системы для пропитки усадочных пор в отливках из сплавов с широким интервалом кристаллизации неэффективно. Был выявлен объём прибылей, при котором количество усадочных пор в теле отливки минимально при их локализации в её массивной части. Оптимизация объёма питающей системы «Дуги» позволила уменьшить время нахождения расплава в интервале затвердевания и значительно сократить количество газовых и усадочных дефектов в отливке.

## **СЕКЦИЯ 7**

---

# **ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ И ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ, ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВОК**

---

### **Подсекция 7.1**

---

#### **Ядерная энергетика**

---

---

УДК 621.039

В.С. БАРАНОВА, П.А. БОКОВ, А.В. БЕЗНОСОВ

#### **ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ГЛАВНЫХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ РУ С ТЖМТ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

Создание оптимальных конструкций насосов, перекачивающих ТЖМТ, требует безусловного учета специфики перекачиваемых сред, прежде всего процессов кавитации, которые заведомо не могут моделироваться испытаниями на воде, что подтверждается опытом создания насосов для отечественных АПЛ с ТЖМТ.

На сегодняшний момент в мире отсутствуют корректные методики расчета как осевых, так и центробежных насосов, учитывающих специфику ТЖМТ.

Цель работы – создание обоснованных расчетных методик, оптимальных конструктивных решений и отработка на стендах с ТЖМТ с высокими температурами (500°C) с расходами в тысячи тонн в час следующих элементов проточных частей лопастных, прежде всего осевых насосов: участка подвода, рабочего колеса, участка отвода, подшипника скольжения.

Предложен и экспериментально отрабатывается способ и устройство обеспечения стойкости материалов проточной части насоса при скоростях до 20 м/с и более, которые позволят повысить стойкость материалов и других элементов контура.

Отработана технология проектирования и изготовления моделей рабочих колес и выпрямляющих аппаратов (отводов) осевых насосов РУ БРЕСТ и СВБР.

Ожидается, что предложенные конструктивные решения и уточнение расчетных методик приведут к уменьшению массогабаритных характеристик и соответственно уменьшению стоимости главных циркуляционных насосов РУ БРЕСТ и СВБР, повышению быстроходности данных насосов, стойкости конструкционных материалов и увеличению ресурса проточных частей насосов, по сравнению с существующими проектами.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ДРУГИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКОВ ТЯЖЕЛЫХ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Экспериментально доказано, что гидродинамические характеристики потоков свинцового и свинец-висмутового теплоносителей, не смачивающих оксидированные стенки ограничивающих каналов, близки к характеристикам водного и натриевого теплоносителей, смачивающих стенки этих каналов.

Целью экспериментальных и расчетно-теоретических работ, выполняемых в НГТУ, является разработка модели течения потоков ТЖМТ, не смачивающих стенки каналов, и исследование специальных процессов, прежде всего кавитации, определяющих конструкцию насосов и других элементов контуров с ТЖМТ. Особенности потоков ТЖМТ, существенно влияющими на гидродинамику в первую очередь кавитацию, являются следующие:

- температура кипения свинца и эвтектики свинец-висмут на тысячу и более градусов превышает рабочие температуры в РУ БРЕСТ и СВБР;
- тяжелые жидкометаллические теплоносители в рабочих условиях не смачивают стенки поверхностей контура. Краевой угол смачивания оксидированных поверхностей сталей составляет  $\Theta=110-130^\circ$ ,
- значение коэффициентов поверхностного натяжения (поверхностной энергии) при рабочих условиях существенно больше, чем у воды и натрия,
- плотность ТЖМТ на порядок больше, чем плотность воды и натрия.

Использование расчетных методик лопастных насосов в части кавитационных характеристик, рекомендованных для традиционных теплоносителей, физически неправильно для ТЖМТ. В обосновании проведены специальные экспериментальные исследования:

- исследования разрыва столба ТЖМТ на границе застывший - жидкий ТЖМТ, показавшие, что причиной разрыва является образование на границе пузырей газа и напряжения разрыва, возникновения которых в реакторных контурах невозможно;
- исследования и сравнение характеристик течений потоков воды и ТЖМТ в сопловых устройствах, типа сопла Вентури, подтвердившие отход ТЖМТ от стенок, сужение потока и увеличение его гидравлического сопротивления при уменьшении давления в ТЖМТ;
- исследование кавитационных характеристик лопастных насосов в среде ТЖМТ, показавшие отсутствие каких-либо кавитационных повреждений проточной части за время более 10 часов работы в режиме срыва напорно-расходных характеристик насоса.

Проведенный комплекс исследований подтвердил невозможность традиционной кавитации в среде ТЖМТ и необходимость создания и обоснования расчетных методик для корректного проектирования насосов для реакторных контуров РУ типа БРЕСТ и СВБР.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ СВИНЕЦ-ВИСМУТОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ЧЕРЕЗ ТРЕЩИНУ В АТМОСФЕРУ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ САМОЛИКВИДАЦИИ ТЕЧИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В контурах отечественных транспортных энергетических реакторных контуров со свинец - висмутовым теплоносителем имели место течи эвтектики из контура через трещины в корпусе парогенератора и в трубах слива протечек через щелевое уплотнение главного

циркуляционного насоса. Также в процессе эксплуатации экспериментальных стендов со свинец – висмутовым теплоносителем неоднократно происходили аварии с истечением этих теплоносителей в помещение.

Информация об экспериментальных исследованиях процессов, сопровождающих истечение свинца и эвтектики свинец – висмут, отсутствует.

В НГТУ им. Р.Е. Алексеева на кафедре АТСиМИ будет проводиться экспериментальное исследование характеристик свинец – висмутового теплоносителя при истечении в атмосферу через отверстие круглого сечения и трещины и их сравнение с характеристиками истечения воды через эти же отверстия, полученные в результате проведенного ранее исследования.

Прикладной задачей этого исследования является поиск рабочих характеристик ТЖМТ (свинец-висмут), при которых место разгерметизации оборудования способно самоустраниться. Эта информация крайне полезна для эксплуатации оборудования с ТЖМТ (свинец-висмут) при аварийных ситуациях, связанных с разгерметизацией.

Экспериментальная установка включает в себя:

напорную электрообогреваемую емкость;

- экспериментальный участок со сменной моделью стенки с отверстием, имитирующим место разгерметизации и истечение теплоносителя;
- приемная емкость;
- газовая система;
- система электрообогрева элементов установки; система сбора, обработки и представления информации.

Первым этапом было проведено исследование истечения воды через круглое отверстие и трещину, получены характеристики истечения, необходимые для последующего сравнения их с характеристиками истечения эвтектики свинец-висмут на втором этапе эксперимента, а также нахождения условий самозакрывания места течи эвтектики свинец-висмут.

УДК 621.039

М.С. КУСТОВ, В.С. БАРАНОВА, П.А. БОКОВ, В.Г. ГЛАЗОВ, Т.А. БОКОВА

### **УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА СВИНЦОВОГО И СВИНЕЦ-ВИСМУТОВОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ КИСЛОРОДО- И ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИМИ ГАЗОВЫМИ СМЕСЯМИ ПУТЕМ ИХ КОНТАКТА С ПАДАЮЩИМИ СТРУЯМИ ТЖМТ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для обеспечения безаварийной эксплуатации энергетических контуров реакторов на быстрых нейтронах со свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями необходимы формирование и доформирование в процессе эксплуатации на поверхностях конструкций контура оксидных защитных (пассивирующих) покрытий. Операции пассивации поверхностей достигаются путем ввода кислорода (в том или в ином виде) в контур.

Целью проводимых в Нижегородском государственном техническом университете исследований являлись разработки научно-технических рекомендаций по конструктивным решениям, местам установки в контуре и режимам использования более простых и эффективных, по сравнению с известными устройствами регулирования окислительного потенциала в контурах со свинцовым и свинец-висмутовыми теплоносителями.

Предложено для ввода и диспергации водородо- и кислородосодержащих газовых смесей в потоке ТЖМТ использовать падающие из отверстий через газовый объем на сво-

бодную поверхность струи теплоносителя, захватывающие в объеме жидкого металла в мелкодисперсной фазе (0,5 мм и менее) пузыри газовых смесей, а также использовать в таком устройстве – газовом массообменнике – энергию главных циркуляционных насосов реакторного контура для организации циркуляции через байпасные линии из участков циркуляционного контура с большим давлением в участки с меньшим давлением в циркуляционной трассе.

Проведенные исследования подтвердили принципиальную возможность использования газового массообменника в контурах со свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями для регулирования окислительного потенциала теплоносителя.

УДК 621.039

К.А. МАХОВ, Т.А. БОКОВА

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИСТЕННОЙ ОБЛАСТИ ТЖМТ – КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ПРИ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРАХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Одной из важнейших научных и инженерных задач в области использования ТЖМТ в качестве теплоносителя в контурах ядерных энергетических установок типа БРЕСТ, СВБР или термоядерных энергетических установках является обеспечение стойкости конструкционных материалов к процессам коррозии при эксплуатационных параметрах теплоносителя. Защитные электроизолирующие оксидные покрытия на поверхности конструкционных материалов способны приостановить повреждение поверхности контакта материала стали с ТЖМТ.

Существуют технологии внеконтурной пассивации оксидных покрытий на конструкционных материалах. Для получения сведений о физико-химических процессах, протекающих в замкнутом контуре с ТЖМТ в условиях несмачивания поверхности контакта теплоносителем, в НГТУ спроектирован и сконструирован стенд для исследования влияния контролируемых параметров теплоносителя на характеристики приграничного слоя.

Были проведены две серии экспериментов, целью которых являлось исследование состояния поверхности контакта ТЖМТ - конструкционный материал, в ходе которых контролировались такие параметры теплоносителя, как его температура, термодинамическая активность кислорода в теплоносителе. По результатам экспериментов проведен материаловедческий анализ шлифов образцов, элементов трубопровода, представляющих наибольший интерес для исследования, сделаны фотоснимки соответствующих участков материаловедческим микроскопом, получены профилограммы поверхности контакта образцов с теплоносителем.

УДК 621.039

А.И. ШУМИЛКОВ, В.Г. ГЛАЗОВ, К.А. МАХОВ

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ КОНТАКТИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЯЖЕЛОМ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время существует острая необходимость определения характеристик трения, состояния поверхностей контакта в среде расплава свинца и эвтектического сплава свинец-висмут. Данная проблема важна для определения ресурсов работоспособности внутрикорпусных элементов реакторных установок на быстрых нейтронах, охлаждаемых тяже-

лыми жидкометаллическими теплоносителями (ТЖМТ), а также для других отраслей промышленности, использующих расплав свинца или эвтектики свинец-висмут.

Основной задачей экспериментального исследования, проводимого в НГТУ на кафедре АТСиМИ, является определение коэффициента трения между трущимися поверхностями конструкционных материалов различных механизмов, работающих в среде свинцового и свинец-висмутового теплоносителя.

Целью экспериментов является определение зависимости влияния наличия оксидных покрытий на поверхностях образцов на коэффициент трения при варьируемых параметрах содержания примесей в расплаве свинца и свинца-висмута, а также эмпирических зависимостей для расчета коэффициента трения в среде ТЖМТ.

Работы включают расчетно-теоретические и экспериментальные исследования процесса истирания поверхности контактных пар в среде тяжелых жидкометаллических теплоносителей в условиях, близких к натурным. Испытания проводятся на статическом стенде с образцами конструкционных материалов, применяемых в атомной энергетике, при температуре теплоносителя 550-570°C.

Исследования проводятся при относительном горизонтальном возвратно-поступательном перемещении образцов друг относительно друга. В процессе исследования предполагается определить коэффициенты трения образцов при различных значениях активности кислорода в теплоносителе и различных усилиях их прижатия друг к другу. Контроль за параметрами процесса осуществляется с использованием термопреобразователей, датчика термодинамической активности кислорода в свинце, манометров, электроконтактных сигнализаторов уровня. Износ поверхностей контролируется с помощью микро-, профилометра, фотокамеры (с увеличением), электронного микроскопа, а также анализа шлифов образцов.

УДК 621.039

М.В. ЯРМОЦОВ, Д.В. КУЗНЕЦОВ, А.И. ШУМИЛКОВ, М.А. АНТОНЕНКОВ

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ И КОСОМ ОБТЕКАНИИ ТРУБ СВИНЦОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Перспективы развития атомной энергетики в России предполагают переход от тепловых реакторов к реакторам на быстрых нейтронах (РБН). Тяжелые жидкие металлы (ТЖМ), такие как свинец, галлий, эвтектики свинец-висмут и свинец-литий, являются перспективными теплоносителями для установок с РБН. В настоящее время в НИКИЭТ разработан проект РУ БРЕСТ-ОД-300 со свинцовым теплоносителем. В проекте РУ заложен ряд новых, ранее не опробованных в практике ядерной энергетики систем, одной из которых является парогенератор (ПГ) со змеевиковой поверхностью теплообмена.

В Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) проводятся работы, направленные на создание экспериментального высокотемпературного стенда для исследований характеристик теплообмена при поперечном и косом обтекании труб свинцовым теплоносителем.

Проведение экспериментальных исследований теплообмена предполагается в два этапа:

1. Исследование характеристик теплообмена при поперечном обтекании пучка парогенераторных труб свинцовым теплоносителем.
2. Исследование характеристик теплообмена при поперечном обтекании змеевиковой поверхности свинцовым теплоносителем.

Предполагается, что результаты данных исследования могут быть рекомендованы при проектировании змеевикового парогенератора РУ БРЕСТ-ОД-300.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХФАЗНОГО ВОДОВОЗДУШНОГО ПОТОКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Двухфазные газожидкостные потоки широко распространены в промышленности и многих технологических процессах. В частности, в атомной теплоэнергетической промышленности двухфазные потоки играют важную роль, имеют место в кипящих водо-водяных реакторах, в парогенерирующих аппаратах, в развитии аварийных процессов и т.д. Поэтому существует необходимость изучения двухфазных потоков и их параметров. Кроме температуры, давления, расхода и др., требуется измерять газо- и паросодержание, распределение скоростей жидкой и газообразной фаз, размеры пузырей и пр. Несмотря на существующий к настоящему времени значительный объем корреляций, позволяющих корректно описывать численные модели в одномерной постановке, при проектировании пассивных систем возникают вопросы, для разрешения которых необходимо либо проведение экспериментальных исследований, либо проведения расчетов на 2-D или 3-D моделях.

Для изучения двухфазных потоков существует множество численных методов, используются специальные программные средства. Однако для их развития и верификации требуется привлечение экспериментальных данных. С целью получения таких данных создаются специальные стенды и установки, моделирующие течение двухфазной среды в каналах. Особое значение в исследовании двухфазных потоков имеют выбор и использование средства измерения параметров.

Разработка и создание таких средств ведется на кафедре "Ядерные реакторы и энергетические установки". Для отработки и исследования средств измерений в лаборатории кафедры изготовлен специализированный стенд. На этом стенде были изучены процессы взаимодействия чувствительных элементов погружных датчиков с потоком водовоздушной смеси. Проводилась фото- и видеосъемка. Разработана и опробована методика обработки сигналов датчиков, проанализированы вопросы метрологической оценки. На основании полученных результатов были разработаны макеты средств измерения (8-точечный акустический зонд и накладной бесконтактный датчик), позволяющих определять истинное объемное газосодержание, размеры газовых включений и их скорости.

Эти средства измерения будут использованы в составе полномасштабного стенда для исследования двухфазных потоков, созданного в ОКБМ. Стенд позволяет моделировать движение двухфазного потока в различных каналах при условиях, близких к нормальным. В дальнейшем планируется продолжить исследования с пароводяной средой и параметрами, максимально приближенными к реальным.

В данной работе приведены обзор современных средств диагностики и визуализации двухфазных потоков, результаты отработки акустических датчиков, фотоматериалы, демонстрирующие влияние погружных средств измерений на структуру потока и на истинность измерений.

**ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ НА СТЕНДЕ ТРЕХКОНТУРНОЙ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ ЯЭУ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время накоплен уникальный опыт эксплуатации судовых ЯППУ, который подтвердил правильность основных проектных решений, но при общей высокой надежности и безопасности выявил некоторые недоработки в оборудовании и системах, в том

числе первого контура. Появились современные нормативные документы по безопасности. Все это требует постоянного совершенствования действующих и перспективных ЯППУ последующих поколений на основе детального исследования динамических процессов, в частности аварийных режимов. При разрешении технических проблем безопасности, определяемой динамикой аварийных ситуаций, наряду с обязательным обеспечением всех условий безопасности, имеет место тенденция в отдельных аварийных ситуациях сохранять энергетический режим работы ядерной установки. Аварийные ситуации, при которых имеется возможность сохранения энергетического режима, условно можно разделить на две основные группы.

Первая группа – это аварии, которые по тем или иным причинам сопровождаются нарушением циркуляции теплоносителя и питательной воды.

Вторая – это аварии, которые сопровождаются возмущением нагрузки.

Основной проблемой, требующей решения, является поддержание энергетического режима в аварийных ситуациях путем организации автоматического снижения мощности с обеспечением плотности теплового потока ниже критического. Для изучения данной проблемы были проведены исследования этих аварийных ситуаций с использованием модели трехконтурной транспортной ЯЭУ. Данная модель ЯЭУ позволяет выполнять экспериментальные исследования, связанные со стационарными и нестационарными теплогидравлическими режимами, применительно к судовым ЯЭУ, а также верифицировать расчетные методики и математические модели, описывающие течение теплоносителя в контурах ЯЭУ. Кроме того, модель позволяет синтезировать и исследовать алгоритмы системы автоматического управления ЯЭУ.

Принципиальная схема модели трехконтурной транспортной ЯППУ включает в себя котел с электронагревателями, имитирующий реактор, теплообменник 1-2 контуров, который моделирует парогенератор и теплообменник 3-4 контуров, охлаждаемый с помощью водопровода. Функциональные возможности модели ЯППУ позволяют достаточно точно имитировать работу настоящей ЯППУ.

В данной модели используется система динамического управления, автоматического сбора и обработки информации, реализованная в программно-техническом комплексе на базе ПЭВМ, которая обеспечивает контроль над всеми процессами.

Результаты экспериментов совпали с опубликованными в научной литературе.

Подобраны коэффициенты обратной связи к системе автоматического регулирования, позволяющие сохранить работоспособность установки в аварийных ситуациях.

УДК 621.039.534

М.А. АНТОНЕНКОВ, И. ДИН

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОДИНАМИКИ ТЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В ЩЕЛЯХ (УЗКИХ КАНАЛАХ)**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Возрастающий интерес к реакторам деления тяжелых ядер быстрыми нейтронами инициирует исследования, направленные на обоснование работоспособности механизмов с контактными поверхностями в среде высокотемпературных тяжелых жидкометаллических теплоносителей.

В Нижегородском государственном техническом университете им. Р.Е. Алексеева проводятся экспериментальные и расчетно-теоретические исследования процессов, сопровождающих трение в среде свинца и эвтектики свинец-висмут при температурах 350 – 550°С в элементах механизмов реакторных контуров.



Целью экспериментальных и расчетно-теоретических исследований, проводимых в НГТУ, является определение характеристик течения в щелевых каналах в рабочих условиях РУ, разработка рекомендаций и создание оптимальных конструкций подшипников скольжения циркуляционных насосов реакторных контуров с ТЖМТ, определяющих ресурс работы насосов.

Работы проводятся согласно следующим основным этапам:

1. Исследование гидравлических характеристик течения в дросселях различной конструкции воды и ТЖМТ с варьируемыми температурами, содержанием и составом примесей и др.

2. Исследование гидравлических характеристик течения в комбинации дросселей и щелевых зазоров между втулкой и валом различных конструкций при неподвижном и вращающемся вале воды и ТЖМТ с варьируемыми температурами, содержанием и составом примесей, величиной относительных скоростей вращающихся поверхностей и др.

3. Сравнительный расчетно-теоретический анализ характеристик течения жидкостей в щелевых каналах со смачиваемыми и несмачиваемыми теплоносителем стенками.

4. Определение гарантированных условий жидкой смазки при вращении валов во втулках в среде ТЖМТ при рабочих условиях подшипников насосов. При необходимости, корректировка или разработка новых методик расчета подшипников скольжения с учетом особенностей ТЖМТ.

5. Разработка оптимизированных конструкций подшипников скольжения в среде ТЖМТ с учетом фактического содержания и состава примесей и других условий работы подшипников в реакторном контуре.

6. Исследование комплексных характеристик вариантов конструкций подшипников скольжения в свинцовом и свинец-висмутовом теплоносителях, уточнение расчетных методик и конструктивных решений подшипниковых узлов применительно к условиям реакторных контуров с ТЖМТ.

Исследование особенностей гидродинамики течения тяжелых жидкометаллических теплоносителей с эксплуатационным содержанием примесей в не смачиваемых ими щелевых каналах необходимо для создания обоснованных методик расчета подшипников скольжения насосов и других конструкций с аналогичными элементами в среде ТЖМТ, а также для проектирования оптимальных конструктивных элементов механизмов и оборудования контуров с реакторами на быстрых нейтронах, охлаждаемыми ТЖМТ.

УДК 621.039.546.56

С.С. БОРОДИН, А.Н. ЕРШОВ, М.А. ЛЕГЧАНОВ, Д.А. НЫРКОВ,  
Д.Н. СОЛНЦЕВ, А.Е. ХРОБОСТОВ

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПОТОКА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ФРАГМЕНТЕ ТВСА РЕАКТОРОВ ВВЭР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ДВУХ ПОЯСОВ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ РЕШОТОК ТИПА «ПОРЯДНАЯ ПРОГОНКА»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В ОАО «ОКБМ Африкантов» разработана ТВСА с улучшенными характеристиками для использования в активных зонах как действующих, так и вновь вводимых реакторных установок типа ВВЭР. В ТВСА применяются различного типа перемешивающие решетки (ПР), позволяющие улучшить перемешивание теплоносителя между ячейками и турбулизовать поток в пределах отдельных ячеек.

Требования высокой эффективности, надежности и экономичности ядерных реакторов типа ВВЭР сделали актуальными конструкторские изыскания по усовершенствованию активных зон в целом и тепловыделяющих сборок – в частности.

Зарекомендовавшие себя перемешивающие решетки типа «порядная прогонка» имеют высокую интенсивность межъячеечного массообмена в направлении движения теплоносителя между двумя соседними рядами твэлов. В направлении, перпендикулярном направлению прогонки, интенсивность массообмена заметно меньше. Вместе с тем, для уменьшения анизотропии межъячеечного массообмена целесообразно в ТВСА использовать две подряд установленные перемешивающие решетки типа «порядная прогонка», повернутые друг относительно друга по часовой стрелке на  $60^\circ$ , изменяя тем самым направление движения теплоносителя. Особенности конструкции ТВСА, связанные с использованием перемешивающих решеток данного типа, потребовали детального анализа массообмена и гидродинамики потока теплоносителя.

Для исследований локальных характеристик межъячеечного массообмена теплоносителя в ТВСА реакторов типа ВВЭР был создан экспериментальный стенд, представляющий собой аэродинамический разомкнутый контур, через который прокачивается воздух. В состав экспериментального стенда входят: экспериментальная модель (ЭМ), расходомерное устройство с участками стабилизации потока, система подачи и отбора трассера, измерительный комплекс и регулирующая арматура. ЭМ представляет собой фрагмент ТВСА реактора ВВЭР, выполнена с коэффициентом геометрического подобия  $K_T=4.4$ , имеет длину  $L=3$  м и включает в себя шестигранный чехол, 61 цилиндрический твэл-имитатор, пояса дистанционирующих и перемешивающих решеток.

На основе комплексного анализа экспериментальных данных по исследованию эффективности перемешивания потока теплоносителя в ТВСА реакторов ВВЭР с использованием системы двух поясов перемешивающих решеток типа «порядная прогонка» получены следующие результаты:

- определены характер движения потока теплоносителя и расстояния, на которых происходит эффективное перемешивание трассера в ЭМ;
- показано, что после системы двух ПР типа «порядная прогонка» происходит более равномерное распределение концентрации трассера в поперечном сечении экспериментальной модели, по сравнению с одной ПР типа «порядная прогонка» или ПР типа «закрутка вокруг твэла».

По экспериментальным данным определяется эффективность перемешивающих решеток, находятся коэффициенты турбулентного и эффективного (включая конвективный) межъячеечного массообмена.

В работе представлен комплексный анализ результатов исследований локальных характеристик межъячеечного массообмена и гидродинамики потока теплоносителя в модели фрагмента ТВСА реактора ВВЭР.

УДК 621. 039

Д.В. КУЗНЕЦОВ, М.В. ЯРМОНОВ, К.А. МАХОВ

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНАШИВАНИЯ КОНТАКТНОЙ ПАРЫ “ОБОЛОЧКА ПЭЛ-ЧЕХОЛ” В СРЕДЕ СВИНЕЦ-ВИСМУТА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В НГТУ проведены экспериментальные исследования изнашивания контактной пары “оболочка ПЭЛ - чехол” в среде свинец-висмут.

Целью работы является исследование процесса изнашивания образцов оболочек ПЭЛ в среде свинец-висмутевого теплоносителя. Конечная цель комплекса исследований, составной частью которого является данный эксперимент, - разработка научно-технических основ триботехники в среде тяжелых жидкометаллических теплоносителей.

Задачами исследований является определение влияния на изнашивание поверхностей элементов конструкций следующих факторов:

- нагрузки на поверхности трения;
- скорости относительного перемещения поверхностей;
- температуры теплоносителя;
- конструктивных особенностей узлов с контактными поверхностями;
- содержание примесей в ТЖМТ;
- наличия или отсутствия оксидных покрытий.

В процессе работы проведены экспериментальные исследования изнашивания контактной пары оболочка ПЭЛ-чехол при диапазоне температур от 200 до 550°C. В настоящий момент проводятся испытания при варьировании таких параметров, как содержание примесей в теплоносителе, нагрузка на контактную пару.

После испытаний все образцы оболочки ПЭЛ были подвергнуты профилометрическим исследованиям, фотографированию и фотографированию под микроскопом. Профилометрические исследования образцов проводятся на профилографе-профилометре "FORM TALYSURF" Taylor Hobson. В результате данных исследований построены профили поврежденной и неповрежденной поверхностей образцов вдоль образующей цилиндра, а также измерена шероховатость поверхности. Образцы были разрезаны по площадке износа и выполнены шлифование и полировка поперечного сечения образца. Полученные шлифы исследовались под микроскопом с максимальным увеличением 40X. Получены фотографии, по которым проводилось измерение линейного износа оболочки. Методика измерений основана на совмещении и сравнении фотографий под микроскопом поперечного шлифа изношенной поверхности с фотографией неповрежденной поверхности.

В результате испытаний на первом этапе получена зависимость величины линейного износа, интенсивности изнашивания и скорости изнашивания модели оболочки поглощающего элемента от температуры теплоносителя, содержания кислорода в ТЖМТ, нагрузки на поверхности трения. Максимальный линейный износ составляет 45 мкм при температуре теплоносителя 550°C. Максимальная величина интенсивности изнашивания составляет  $7,03 \cdot 10^{-7}$ .

Результаты проводимых исследований изнашивания оболочек стержней поглотителей, а также других триботехнических исследований в среде свинец-висмутного теплоносителя, необходимы для обоснованного проектирования и эксплуатации механизмов и оборудования контуров с реакторами на быстрых нейтронах с ТЖМТ.

УДК 621.03

А.В. ЛЬВОВ, В.А. ШЕМАГИН, Д.В. СПИРИДОНОВ, Р.Р. РЯЗАПОВ

### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БИКОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЯЭУ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В процессе разработки, создания и эксплуатации теплообменного оборудования ЯЭУ возникает необходимость выявления взаимосвязей между величинами, характеризующими температурное состояние теплообменной поверхности, что способствует более глубокому пониманию теплогидравлических процессов.

Для получения подобной информации применяют методы спектрального и корреляционного анализа сигналов. Однако, принимая во внимание нелинейную взаимосвязь исследуемых величин, классический метод анализа, основанный на вычислении

взаимокорреляционных функций первого порядка, может оказаться неэффективным или вообще неприменимым, поэтому является оправданным применение биспектрального анализа.

В данной работе представлен метод, позволяющий проводить биспектральный анализ сигналов измерительных датчиков путем определения значений комплексной функции взаимной корреляции второго порядка (бикорреляции) спектральных составляющих полигармонического сигнала или группы подобных сигналов. Метод был применен при анализе температурного состояния теплообменной поверхности теплообменной установки при различных расходах теплоносителя.

Применение данного метода позволяет выявлять не только характерные частоты, на которых наблюдается колебание измеряемых величин, но и комбинационные и модуляционные частоты, обусловленные нелинейным взаимодействием протекаемых процессов.

Для этих целей был разработан программный комплекс в виде виртуального прибора. Программный комплекс позволяет вести вычисления коэффициента бикорреляции как во временной области прямо в процессе измерений, так и в частотной по записанным отсчетам. В первом случае алгоритм работы основан на переносе полигармонического входного сигнала в один диапазон частот после выделения спектральных составляющих методом фазового детектирования, выделении квадратурных составляющих и последующего определения синфазной и ортогональной компонент функции бикорреляции, а во втором – на вычислении коэффициента бикорреляции по формуле

$$B(f_1, f_2) = X(f_1)X(f_2)X(f_1+f_2),$$

где  $B(f_1, f_2)$  – искомый коэффициент;  $X(f)$  – Фурье-образ исследуемого сигнала.

Виртуальный прибор имеет три входа, но специфика работы позволяет исследовать как два входных сигнала (при параллельном соединении двух входов), так и один сигнал (при параллельном соединении всех входов), что позволяет вычислять корреляционную и автокорреляционную функции входных сигналов.

В результате проведенных исследований сигналов термопреобразователей, расположенных в характерных зонах теплообменной поверхности экспериментального участка, были выявлены особенности взаимосвязи пульсаций температур теплообменной поверхности, расхода и давления греющего теплоносителя.

УДК 621.039.546.56

А.С. БАЛЫБЕРДИН, С.С. БОРОДИН, А.В. ЛЬВОВ, О.С. РЯБКОВА,  
Д.Н. СОЛНЦЕВ, В.Д. СОРОКИН

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО МАССООБМЕНА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТВС-КВАДРАТ РЕАКТОРОВ ТИПА PWR В ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ РЕШЕТОК**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в России и за рубежом остаются актуальными вопросы повышения эффективности, надежности и экономичности активных зон установок с водо-водяными реакторами. В связи с этим, в ОАО «ОКБМ Африкантов» было принято решение о разработке тепловыделяющих сборок для зарубежных реакторов типа PWR (Pressure Water Reactor), конкурентоспособных, по сравнению с зарубежными аналогами, по экономичности, надежности, безопасности и технологичности.

Для обеспечения соответствия названным критериям необходимо, чтобы ТВС обеспечивали надежный теплосъем и дистанционирование твэлов, формировали устойчивый поток теплоносителя, препятствовали возникновению и распространению локальной аварии, связанной с уменьшением потока теплоносителя в отдельной ячейке, способствовали повыше-

нию запасов до кризиса теплоотдачи, выравниванию температур (энтальпий) по сечению сборок и др. Это достигается применением перемешивающих решеток, включающих в себя, дефлектор потока, обеспечивающих перемешивание теплоносителя в поперечном сечении ТВС. Использование в ТВС перемешивающих решеток, включающих подобные элементы, может привести к заметному росту гидравлического сопротивления сборки.

Таким образом, выбор варианта оптимальной конструкции ТВС для реакторов типа PWR является нетривиальной задачей, учитывая необходимость обеспечить наиболее оптимальное сочетание таких параметров, как интенсивность перемешивания, гидравлические потери и запасы до кризиса теплоотдачи.

Решение данной задачи осуществлялось методом диффузии газового трассера. Для исследований эффективности межъячеечного перемешивания теплоносителя в ТВС–КВАДРАТ реакторов типа PWR был создан экспериментальный стенд, который представляет собой аэродинамический разомкнутый контур, через который прокачивается воздух. В состав экспериментального стенда входят: экспериментальная модель, расходомерное устройство, регулирующая аппаратура, измерительный комплекс, системы подачи и отбора трассера. ЭМ представляет собой фрагмент ТВС–КВАДРАТ, включает в себя пояса дистанционирующих, перемешивающих решеток и 25 твэлов-имитаторов.

Для изучения массообмена теплоносителя использовался отборный зонд, позволяющий определять значение осевой скорости, статического и полного давлений в исследуемой точке, а также одновременно выполняющий функцию транспортного газопровода для отбора проб трассера в газоанализатор. Для измерения концентрации углеводородов в газовой смеси использовался газоанализатор, принцип работы которого основан на измерении величины поглощения инфракрасного излучения.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований распределения концентрации трассера в модели фрагмента ТВС–КВАДРАТ при постановке перемешивающих решеток.

УДК 621.039.546.8; 621.039.546.56

А.В. ЛЬВОВ, М.Н. ОПЕНКОВ, Р.Р. РЯЗАПОВ, А.Е. СОБОРНОВ, С.А. ЮРАСОВ

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛЕ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С ЗАКРУТКОЙ ПОТОКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Повышение энергетической эффективности и компактности теплообменников тесно связано с интенсификацией процесса теплообмена. Вместе с тем, как интенсивность процесса теплопередачи, так и эффективность теплообменника в значительной степени зависят от особенностей обтекания и гидравлического сопротивления теплообменных поверхностей.

Чтобы интенсифицировать теплообмен, необходимо воздействовать на поток или на ту его часть, которая в большей степени отвечает за теплообмен. При конвективном теплообмене значительное термическое сопротивление составляет пограничный слой, для интенсификации следует стремиться к разрушению или уменьшению пограничного слоя.

Одним из способов интенсификации теплообмена является закрутка потока по длине канала. Она может осуществляться ленточной или шнековой вставкой, помещенную в трубу на всю длину или на отдельных участках. Закрутка потока позволяет сохранить характер движения по всей трубе и, как следствие, высокую интенсификацию теплообмена. Однако повышенное сопротивление трения потока об элементы вставок ограничивает широкое применение данных интенсификаторов и требует оптимизации, т.е. поиск самых эффективных конструкций, относительных шагов ленточных завихрителей, при которых коэффициенты тепловой эффективности максимальны, а гидравлические потери минимальны.

Экспериментальные исследования зависимости температуры локальных участков поверхности теплообмена от расхода среды второго контура проводились на теплофизическом стенде ФТ-80, предназначенном для исследования теплогидравлических процессов в элементах оборудования ЯЭУ. Стенд представляет собой три гидравлически замкнутых контура. По первому контуру циркулирует греющий теплоноситель по второму – рабочее тело, по третьему – техническая вода. В качестве теплоносителя и рабочего тела в первом и втором контурах использовался дистиллят двойной очистки.

Экспериментальный участок представляет собой канал, оснащенный необходимым количеством термопреобразователей. Закрутка потока осуществлялась протяженными ленточными завихрителями, представляющими собой комбинацию участков с различным шагом и длиной навивки. Исследования проводились в диапазоне параметров: расход греющего теплоносителя  $G_1=10-500$  кг/ч, расход питательной воды  $G_2 = 5-250$  кг/ч, давление питательной воды  $P = 3-6$  МПа, температура греющего теплоносителя  $T_1 = 250$  °С.

Цель эксперимента – получение информации о температурном состоянии теплообменной поверхности в характерных зонах экспериментального канала для последующего сравнительного анализа эффективности формы интенсификатора по отношению к трубе без него.

Выявлены закономерности локальных теплогидравлических процессов в исследуемом канале. Получены количественные характеристики данных процессов, которые могут использоваться для аппроксимации расчетных зависимостей, характеризующих теплообмен в определенных зонах, и создания верификационных баз данных с программ конечного элементного анализа.

УДК 621.039.546.8; 621.039.546.56

А.В. ЛЬВОВ, М.Н. ОПЕНКОВ, Р.Р. РЯЗАПОВ, А.Е. СОБОРНОВ, С.А. ЮРАСОВ

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ЗОН ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В связи с активным применением вычислительной техники возникла необходимость проведения верификации расчетных кодов, для решения задач гидродинамики и теплообмена теплотехнического оборудования. Особое место занимают процессы нестационарного теплообмена, которые описывают чрезвычайно широкий класс технологических процессов, имеющих место в теплоэнергетике, ядерной, космической технике и других отраслях промышленности.

Таким образом, проведение представительных экспериментальных исследований нестационарного температурного состояния характерных зон элементов теплообменного оборудования ядерных энергетических установок является важной научно-технической задачей, направленной на повышение качества и надежности программных средств, а также надежности получаемых с их помощью результатов расчетов, важных для безопасности объектов атомной энергетики.

Для проведения исследований, был спроектирован экспериментальный участок, входящий в состав первого и третьего контуров теплофизического стенда ФТ-80. Экспериментальный участок представляет собой модель теплообменника, предназначенного для исследования температурных полей в теплообменных аппаратах в различных режимах эксплуатации. Поверхность теплообмена набрана из прямых трубок, расположенных по треугольной решётке и образующих вместе с верхним и нижним коллекторами, боковыми и торцевыми стенками исследуемый канал прямоугольного сечения. Конструкция экспериментальной модели позволяет исследовать различные схемы циркуляции теплоносителя и рабочего тела. Подвод

греющего теплоносителя осуществляется по четырем различным вариантам относительно узла приварки теплообменных труб к верхнему коллектору. Для измерения температуры потока и теплообменной поверхности используются хромель-копелевые микротермопреобразователи, расположенные в различных комбинациях по сечению и высоте канала.

Исследования проводились в следующем диапазоне режимных параметров:

- массовые скорости теплоносителя первого контура –  $212 \div 283 \text{ кг/м}^2\text{с}$ ;
- массовые скорости охлаждающей воды третьего контура –  $311 \div 325 \text{ кг/м}^2\text{с}$ ;
- температура входа теплоносителя первого контура –  $190 \div 205^\circ\text{C}$ ;
- давление теплоносителя первого контура –  $10 \div 14 \text{ МПа}$ .

В результате проведенных исследований было показано, что при всех вариантах подвода теплоносителя на коллекторную сборку возникают пульсации температуры потока, которые передаются на поверхность теплообмена. Колебания температуры стенки имеют характерные пики в области частот  $0,1 \div 0,15 \text{ Гц}$ , определяющие для стенок теплообменных трубок рассматриваемой модели теплообменника. Выявлены особенности обтекания потоком теплоносителя первого контура коллекторной сборки, определены количественные характеристики неравномерности температурного поля. Сформированы таблицы экспериментальных данных, необходимые для проведения верификации теплогидравлических расчетных кодов.

УДК 621.039.546.8, 621.039.546.56

А.В. ЛЬВОВ, М.Н. ОПЕНКОВ, Р.Р. РЯЗАПОВ, А.Е. СОБОРНОВ, С.А. ЮРАСОВ

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСА ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА ПАРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА С ДВУХСТОРОННИМ ОБОГРЕВОМ ПРИ НИЗКИХ МАССОВЫХ СКОРОСТЯХ РАБОЧЕГО ТЕЛА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процессы теплообмена в различных элементах энергетического оборудования сопровождаются пульсациями температур. Характеристики этих пульсаций зависят от многих факторов. Одним из важнейших факторов, определяющих пульсации, являются пульсации расхода теплоносителей, возникающие вследствие межканальной неустойчивости при низких массовых скоростях. Поэтому при проектировании оборудования теплоэнергетических установок необходимо учитывать пульсации температур и путём рационального выбора необходимых режимных параметров или применения специальных конструктивных решений снижать их до допустимого уровня, чтобы обеспечить ресурс теплообменной поверхности.

Поверхность теплообмена высоконапряженного прямоточного парогенератора, элементы которого выполнены в виде каналов «труба в трубе» с внутренней спирально-навитой трубой, представляет огромный интерес с точки зрения оценки долговечности. Это связано с возникновением межканальной неустойчивости, сопровождающейся пульсациями расхода рабочего тела, при движении теплоносителя по внутренней трубе и межтрубному пространству и рабочего тела по спиральному каналу, образованному наружной и внутренней поверхностями труб.

Возникающие температурные пульсации являются следствием пульсаций расхода, характеризующиеся различными параметрами: амплитудой, частотой и эффективным периодом.

Температурные пульсации порождают пульсации термических напряжений, при длительном воздействии которых в материале элемента могут возникнуть повреждения в виде усталостных трещин или интенсифицироваться коррозионные процессы, что в конечном итоге приведет к снижению ресурса теплообменной поверхности ПГ.

При определении ресурса теплообменной поверхности основным критерием будет являться метод расчёта долговечности при случайных пульсациях напряжений. На выбор метода



расчёта долговечности элемента существенным образом влияет требуемый уровень надежности, характер изменения во времени нагруженности элемента, а также число циклов изменения напряжений за срок службы.

Целью проведения данного цикла расчетов являлось получение уточненной информации о процессах накопления усталостных повреждений в характерных зонах парогенерирующего элемента и определение ресурса теплообменной поверхности, подверженной длительным циклическим воздействиям с помощью метода «дождя».

Исходными данными для оценки долговечности ПГЭ являлись результаты нестационарного напряженно-деформированного и температурного расчетов.

Расчёт выполнялся для следующего диапазона режимных параметров:

- массовая скорость  $\rho\omega = 20,5 \text{ кг/м}^2\text{с}$ ;
- температура питательной воды  $T = 40 - 95 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- амплитуда пульсаций расхода  $A = 0 - 100\%$ ;
- частота пульсаций  $f = 0 - 3 \text{ Гц}$ .

Проведённый анализ показал, что расчетная долговечность выше базы усталостных испытаний материала и обеспечивает ресурс теплообменной поверхности во всём исследуемом диапазоне параметров.

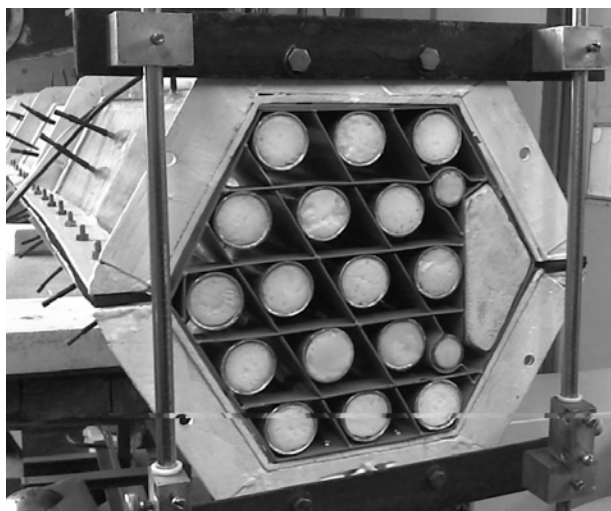
УДК 621.039.546.56

С.С. БОРОДИН, А.Н. ЕРШОВ, Д.А. НЫРКОВ, Д.Н. СОЛНЦЕВ, А.В. САВИНОВ

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОГО МАССООБМЕНА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ТВС РЕАКТОРА КЛТ-40С**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время ОАО «ОКБМ Африкантов» реализует проект атомной энергетической установки малой мощности на плавучих средствах. Энергоисточником такого «плавучего энергоблока» является реакторная установка КЛТ-40С. Разработка и комплексное научно-техническое обоснование активной зоны реактора КЛТ-40С является весьма важной задачей. Кассетная активная зона реактора КЛТ-40С для первой в мире плавучей АЭС должна удовлетворять международным требованиям. Таким образом, решение этих задач обеспечит повышение технико-экономических показателей, инвестиционной привлекательности и экспортного потенциала российских плавучих АЭС.



**Рис. 1. Экспериментальная модель**

Разработанная в ОАО «ОКБМ Африкантов» тепловыделяющая сборка для активных зон реактора КЛТ-40С должна отвечать всем требованиям к современному ядерному топливу: надежности, безопасности, экономичности и технологичности. Следовательно, для обоснования теплотехнической надежности активной зоны необходимо детально изучить и проанализировать локальные характеристики гидродинамики и массообмена потока теплоносителя в ТВС реактора КЛТ-40С.

Для исследований локальных характеристик межъячеечного массообмена и гидродинамических характеристик потока теплоносителя в ТВС реактора КЛТ-40С был создан экспериментальный стенд, представляющий собой аэродинамический разомкнутый контур, через который прокачивается воздух. Экспериментальная модель (рис. 1), входящая в состав стенда, представляет собой фрагмент ТВС реактора КЛТ-40С, выполненный в полном геометрическом подобии и состоящий из шестигранного чехла, 16 цилиндрических твэлов-имитаторов и двух цилиндрических имитаторов стержней выгорающего поглотителя.

Разработаны и адаптированы средства измерений для проведения экспериментальных исследований локальных характеристик межъячеечного массообмена и локальных гидродинамических характеристик потока теплоносителя в ЭМ методом инъекции пропанового трассера. Разработаны методики проведения экспериментов, сбора и обработки экспериментальных данных.

В работе представлен комплексный анализ результатов исследований локальных характеристик межъячеечного массообмена и гидродинамики потока теплоносителя в модели фрагмента ТВС реактора КЛТ-40С.

УДК 621.039

А.М. БАХМЕТЬЕВ, А.В. ДУМОВ

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РИСКА ДЛЯ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Вероятностный анализ безопасности (ВАБ) весьма активно применяется мировым ядерным сообществом; практически на всех станциях Европы и Соединенных Штатов внедрены технологии по решению эксплуатационных задач, основанные на ВАБ, они дают колоссальный экономический эффект и играют значительную роль в повышении безопасности.

Одной из таких задач является оперативный контроль и непрерывная оценка изменения количественных показателей уровня безопасности при выводе одного из каналов безопасности в ремонт и из ремонта, включении дополнительных систем, возникновении при эксплуатации энергоблока различных событий, приводящих к нарушению нормальной эксплуатации и т.д. Анализ подобных событий называется мониторингом рисков.

При внедрении технологии «Мониторинг риска» в процесс эксплуатации энергоблока решаются следующие задачи:

- оценки изменения количественных показателей уровня безопасности;
- ранжирования событий по их важности для безопасности;
- разработки мер по модернизации энергоблока;
- улучшения эксплуатационных инструкций;
- планирования технического обслуживания и ремонтов систем безопасности;
- повышения уровня безопасности за счет снижения влияния стояночных режимов;
- улучшения технико-экономических показателей АЭС за счет оптимизации длительности плановых ремонтов и допустимого времени внеплановых ремонтов СБ;
- разработки ежегодных отчетов по оценке текущего уровня безопасности;

- улучшения процедур и повышения качества ремонта;
- повышения уровня подготовки персонала АЭС по вопросам безопасности.

СМР представляет собой компьютерную программу. В разработанной системе мониторинга риска можно выделить три блока: главная программа, программа для формирования модели энергоблока и администраторская программа. Ядром системы мониторинга является программа по проведению ВАБ, которая также является авторской разработкой - CRISS. Таким образом, эти системы имеют единое информационное пространство. Что в свою очередь исключает проведение процесса импорта, который может привести к возникновению ошибок. В системе CRISS формируется логико-вероятностная модель энергоблока и наполняются базы по составу систем надёжности и расположению элементов. «Движок» системы CRISS для расчёта количественного показателя уровня безопасности был доработан под нужды мониторинга риска. Предусмотрена связь с информационно-поисковой системой «Источник» (которая также является разработкой нашей организации) с целью получения хранящейся в ней справочной информации по схемам систем, важных для безопасности, и конструкции отдельных элементов указанных систем. Кроме этого, в ИПС «Источник» накапливается актуальная информация по надёжности элементов СБ и интенсивностям исходных событий, что позволяет получать актуальные данные.

Главная программа предназначена для занесения текущей информации об изменении конфигурации энергоблока и происходящих событиях, запуска расчета показателей безопасности, представления всего комплекса информации пользователю программы.

При этом выделены интерфейсы для оценки показателей безопасности энергоблока в процессе его эксплуатации в режиме реального времени, интерфейс для оценки показателей безопасности при планировании технического обслуживания и ремонтов оборудования систем, важных для безопасности. Отдельный интерфейс сформирован для представления справочной информации, подготовки документации по опыту эксплуатации энергоблока для органов управления и органов регулирования безопасности АЭС.

Администраторский модуль служит для редактирования основных настроек системы, определения прав доступа и создания резервной копии базы данных.

### **Выводы**

Разработанная система мониторинга будет внедрена в опытную эксплуатацию на одной из АЭС Росатома. Внедрение позволит обеспечить:

- измеримое улучшение безопасности энергоблока;
- измеримую экономию в затратах на эксплуатацию и обслуживание;
- наглядную демонстрацию уровня безопасности энергоблока контролирующим органам;
- эффективный инструмент обучения персонала АЭС.

УДК 621.039

А.Ю. СИДОРОВ, Ю.И. ХРАМОВ

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТНЫХ И ВИБРОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩЕЙ СБОРКИ**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Важнейшей задачей современного этапа развития ядерной энергетики является обеспечение высокой надежности и долговечности создаваемых энергоблоков. Особенно высокие требования в этом отношении предъявляются к оборудованию первого контура АЭС.

Для подтверждения технических решений и получения необходимой информации для расчетно-экспериментального обоснования конструкции ТВС, а также для тестирования рас-

четных математических моделей были проведены испытания полномасштабного макета ТВС на стенде комплексных механических испытаний.

Цель испытаний:

- определение собственных частот колебаний ТВС и ее элементов- уголков каркаса и твэл;
- определение характеристик жесткости и деформирования макета ТВС при сложных нагружениях (сжатие, изгиб, кручение);
- подтверждение запаса по устойчивости от усилия, действующего на топливную сборку в процессе эксплуатации.

В материалах доклада приведены методика проведения испытаний, схемы нагружения полномасштабного макета и анализ полученных результатов.

При проведении испытаний для регистрации исследуемых характеристик использовалась современная измерительная аппаратура, оснащенная специализированными программными пакетами.

Результаты испытаний послужили исходной информацией для тестирования расчетных моделей, используемых для анализа поведения ТВС в активной зоне реактора, включая определение (уточнение) изгибной жесткости и жесткости на кручение, характеризующих сопротивление формоизменению в процессе эксплуатации.

УДК 621.039

Е.А. ХОХЛОВА, М.Н. БОРОВКОВ, С.Е. БЕЛОВ

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОТРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УПЛОТНЕНИЙ СТАТОРА ТУРБОКОМПРЕССОРА ГТ-МГР**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Одним из компонентов турбомашин ГТ-МГР являются скользящие уплотнения статора турбокомпрессора (ТК), которые должны минимизировать байпасные протечки теплоносителя между полостями ТК с различным давлением.

Турбокомпрессор устанавливается вертикально внутри цилиндрической полости блока преобразования энергии (БПЭ). Образующиеся при этом кольцевые зазоры в местах расположения уплотняемых поверхностей перекрыты скользящими уплотнениями статора ТК.

К уплотнению предъявляется ряд требований:

- большой диаметр уплотняемых поверхностей от 1000 до 3200 мм;
- местные зазоры по торцу статора ТК и внутреннему диаметру БПЭ рабочих поверхностей уплотнения должны быть наименьшими, чтобы минимизировать протечки уплотняемой среды для увеличения КПД установки;
- уплотнения должны обеспечивать надежный контакт с уплотняемыми поверхностями при изменениях диаметрального размера и формы уплотняемой поверхности, возникающих под влиянием градиента температур и давлений гелия, а также при радиальных вибрациях статора ТК.

Перечисленные факторы не позволяют использовать уплотнения типа поршневых колец, что вызывает необходимость разработки скользящих уплотнений сегментного типа.

Существующие методики расчета не позволяют выполнить точный газодинамический расчет протечек через уплотнение, так как необходимо учесть большое количество взаимосвязанных показателей, влияющих на результаты расчетов.

В ОКБМ на специальных стендах были проведены экспериментальные исследования макета скользящего уплотнения статора ТК на воздухе:

- без вибрации (первый этап);
- вибрацией (второй этап).

Цель испытаний:

- отработка конструкции, технологии изготовления и монтажа на макете скользящего уплотнения статора ТК;
- получение экспериментальных данных по газодинамическим характеристикам макета скользящего уплотнения статора ТК;
- проверка работоспособности макета скользящего уплотнения статора ТК в качестве радиальной фрикционной опоры.

Проведённые испытания подтвердили работоспособность макета скользящего уплотнения статора ТК при изменении перепадов давлений воздуха на уплотнениях и радиальной вибрации.

УДК 621.039.5:536

Д.И. ШМЕЛЕВ, А.Н. СОКОЛОВ, А.М. ХИЗБУЛЛИН

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ АЭС С РЕАКТОРНЫМИ УСТАНОВОКАМИ БЛОЧНОГО ТИПА**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Развитие региональной энергетики является одним из приоритетных направлений в программе развития ядерно-энергетического комплекса России. Очевидно, что ключевым условием внедрения АС в региональную энергетику является обеспечение её экономических преимуществ, по сравнению с традиционными энергоисточниками на органическом топливе. В связи с этим, применение отработанных судовых технологий в стационарной региональной энергетике представляется наиболее перспективным.

Наряду с очевидными преимуществами, существует ряд проблем при использовании судовых технологий в стационарной энергетике.

Одной из таких проблем является размещение парогенерирующего блока в защитной оболочке, так как масштабы установки исключают использование традиционных для судовых технологий мер по защите несущих конструкций от высоких температур первого контура. В свою очередь, особенности блочной схемы компоновки делают невозможным применение технических решений, используемых в стационарной энергетике по охлаждению опорных конструкций реактора.

Одним из вариантов решения данной проблемы является модернизация системы воздушного охлаждения несущих конструкций применительно к особенностям блочной компоновки парогенерирующего блока.

В работе рассматривается вопрос организации равномерного распределения воздушного потока в зазоре между горячими корпусными конструкциями реакторного блока и несущим бетоном, что в свою очередь является обязательным условием обеспечения эффективной защиты последнего от высоких температур. В качестве инструмента оптимизации геометрии контура циркуляции использовалось численное моделирование при помощи коммерческих CFD-кодов.

Использование численного моделирования позволило провести развёрнутый анализ аэродинамики наиболее ответственных частей контура циркуляции. Это позволит обеспечить минимизацию ресурсов, затрачиваемых на проведение натуральных экспериментов и выполнить оптимальную и компактную систему воздухопроводов.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ЭФФЕКТИВНЫХ ЯЧЕЕК  
ПАРОГЕНЕРАТОРОВ, ОБОГРЕВАЕМЫХ ЖИДКИМ МЕТАЛЛОМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Вопросы выбора конструкции парогенераторов, их оптимальных и наиболее приемлемых характеристик на современном этапе развития технологии РБН является актуальным и необходимым.

В материалах доклада проведён обзор номенклатуры отечественных и зарубежных парогенераторов с жидкометаллическим теплоносителем. Исходя из него, можно сделать вывод, что в настоящее время прямотрубная конфигурация теплообменной поверхности является основной для отечественных и зарубежных РБН, так как зарекомендовала себя отработанной, надёжной и ремонтпригодной конструкцией. В тоже время для водо-водяного направления характерен змеевиковый теплообменный элемент, обладающий рядом преимуществ, одно из которых – высокая компактность поверхности нагрева. Поэтому в будущем данная конструкция может быть предложена в качестве элементной базы для теплообменных аппаратов с жидкометаллическим теплоносителем.

Также представлены некоторые результаты проводимого исследования, целью которого является сравнительный анализ спроектированных эффективных ячеек парогенераторов. Парогенерирующим элементом в первом случае является двухзаходный змеевик с заданным диаметром навивки и продольным шагом, выполненный из двух теплообменных трубок определённого диаметра и толщины стенки. Общее число змеевиков в полученном модуле равно шести. Во втором случае поверхность нагрева выполнена из такого же количества прямых трубок. Расположение парогенерирующих элементов в обоих случаях – по треугольной решётке, шаг их расположения одинаков. Обе ячейки рассчитываются на одинаковую заданную мощность с целью сравнения получаемых теплогидравлических и геометрических характеристик, выявления наиболее оптимальных конструкций и материалов для их изготовления.

Продолжением данного исследования может стать разработка методики сравнения различных вариантов парогенераторов на основе сравнительного анализа проектируемых эффективных ячеек с различными вариантами теплообменной поверхности, технологией изготовления, конструктивными особенностями и другими характеристиками.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО  
ТЕПЛООБМЕНА ОБОГРЕВАЕМОГО КОЛЬЦЕВОГО КАНАЛА С ОПУСКНЫМ  
ДВИЖЕНИЕМ ВОДЯНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

При изучении теплообмена в современных энергетических установках всё больше внимания уделяется нестационарным процессам. Знания о теплообмене и гидродинамике этих процессов необходимы для проектирования и повышения безопасности ядерных энергетических установок. Важную инженерную задачу представляет собой исследование нестационарного теплообмена в канальных энергетических реакторах. С целью экспериментального исследования нестационарного теплообмена обогреваемого кольцевого

канала с опускающим движением водяного теплоносителя в составе стенда ФТ-80 был создан экспериментальный участок, включающий в себя экспериментальную модель технологического канала (ТК) реактора. Она позволяет имитировать теплогидравлические процессы, протекающие в ТК реактора в широком диапазоне и при различных комбинациях режимных параметров.

Для корректного моделирования условия многоканальности в экспериментальный участок включён шунт, установленный параллельно с моделью ТК. Конструктивно экспериментальная модель выполнена по схеме прямоточного теплообменного элемента, в котором греющий теплоноситель (эвтектический сплав свинец-висмут) движется внутри центральной трубы снизу вверх, а нагреваемый – в кольцевом зазоре между центральной трубой и наружным корпусом канала сверху вниз. Общая длина обогреваемой части модели составляет 3 000 мм. Модель состоит из верхнего и нижнего коллекторов, прочного кожуха, внутреннего твэла-имитатора. Коллекторы предназначены для подвода и отвода водяного теплоносителя к исследуемому участку, а также для компенсации термических расширений элементов модели.

Целью экспериментальных исследований являлось определение временных и количественных характеристик процесса запаривания модели ТК реактора. Были разработаны программа и методика проведения экспериментальных исследований нестационарных процессов в модели энергетического канального реактора.

Имитация переходных и нестационарных процессов в экспериментальном участке осуществлялась как изменением температуры и расхода тяжелого жидкометаллического теплоносителя, обогревающего имитатор твэлов, так и снижением расхода воды в канале.

Исследования проводились при следующих режимных параметрах:

- средний расход жидкометаллического теплоносителя (ЖМТ) – 1.4 м<sup>3</sup>/ч;
- диапазон изменения расхода водяного теплоносителя – 1270 -750 кг/ч;
- температура входа водяного теплоносителя – 130 °С;
- температура входа ЖМТ ~ 500 °С;
- мощность обогрева - до 90 кВт.

Проведённые исследования показали, что процессы, происходящие в экспериментальном канале, аналогичны изменению параметров в канале энергетического реактора, а экспериментальные данные могут быть использованы для верификации расчётных методик и имитации физических процессов нестационарных процессов энергетических реакторов.

УДК 623.039

А.В. КОСТРИКИН, СМ. ДМИТРИЕВ, В.А. ФАРАФОНОВ

### **РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПАРОГЕНЕРАТОРА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ, МЕТАЛЛОЕМКОСТИ И СТОИМОСТИ В РЕАКТОРАХ ТИПА БН**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в России наблюдается нехватка мощности в энергосетях. Решением Правительства РФ был введен план строительства двух энергоблоков в год. При таком плане строительства энергоблоков в атомной энергетике особо актуален вопрос о стоимости оборудования АЭС. Одним из элементов оборудования АЭС является парогенератор. Парогенератор в реакторах типа БН обогревается жидким металлом. Преимуществом жидких металлов являются высокие температуры кипения и, как следствие, низкие давления в контурах, что позволяет создать достаточно тонкостенные конструкции, обладающие небольшой металлоемкостью.

В данной работе содержится обзор специальной литературы по различным методикам расчетам надежности парогенераторов типа «вода-натрий». Предложены следующие типы парогенераторов:

- прямой прямотрубный;
- спирально-навитой с прямым выходом;
- спирально-навитой с выемным пучком теплообменных труб;
- спирально-навитой с частично выемным пучком теплообменных труб;
- спирально-навитой с двустенными теплообменными трубками;
- микромодульный прямой;
- микромодульный обратный;
- *U*-образный обратный.

Даны формулировки понятий отказов секций и парогенератора. Представлена оценка частот отказов ПГ на АЭС. Проведена методика расчета оптимального числа секций по критериям надежности. Предложена программа расчета, приведены результаты расчета, по которым сделаны выводы о влиянии различных факторов на оптимальное число секций. Представлен расчет технико-экономических показателей. Выполнен теплогидравлический расчет следующих типов парогенераторов:

- прямотрубного парогенератор;
- змеевикового парогенератор;
- парогенератор с трубками Фильда.

Проведен подбор материала под данные варианты парогенератора в реакторах типа БН. Выполнен расчет металлоемкости. При нахождении стоимости парогенератора за эталонную единицу принимаем прямоточный ПГ АЭС БН-600. Конечным результатом исследования оптимальной конструкции парогенератора реактора на быстрых нейтронах является нахождение самого дешевого парогенератора при сохранении высокой надежности.

УДК 143.53.19

Д.А. СЕРГАНИН

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ БЕТА-СПЕКТРА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Электроны, движущиеся в веществе, взаимодействуют с его атомами, в результате чего теряют свою энергию и отклоняются от первоначального направления, т. е. рассеиваются. Рассеяние называется упругим, если сохраняется сумма кинетических энергий взаимодействующих частиц. Всякое иное рассеяние называется неупругим. Следует различать взаимодействие электронов с атомными электронами и атомными ядрами, хотя оба вида взаимодействия всегда происходят одновременно.

Взаимодействие бета-частиц с атомными электронами приводит к передаче атомному электрону некоторой энергии, следствием чего является либо ионизация, либо возбуждение атома. Оба вида передачи энергии имеют примерно равную вероятность и объединяются под общим названием «ионизационные потери энергии».

При взаимодействии бета-частиц с ядрами происходят процессы упругого рассеяния электронов в кулоновском поле ядра и неупругого рассеяния, сопровождаемого испусканием электромагнитного излучения.

Существует задача определения максимальной энергии электронов. Знание максимальной энергии бета-излучения необходимо для решения многих научных и практических задач. Во многих важных случаях периоды полураспада оказываются очень короткими и со-



ставляют всего несколько минут или даже секунд. При этом часто приходится иметь дело с препаратами малой интенсивности, поэтому необходимы простые и быстрые способы определения максимальной энергии бета-излучения, не требующие к тому же больших активностей. Одним из таких способов является метод поглощения, которым можно определить максимальную энергию бета-спектра с погрешностью порядка 5–10%. Такая точность часто бывает достаточной при решении прикладных задач.

Задачей данного исследования являлась проверка, можно ли заменить точечные радиоактивные источники большей интенсивности, для которых существуют зависимости, на доступные источники, и если это возможно, то применимы ли эти зависимости и формулы к новым источникам.

Источник  $Sr_{90}$  на был заменен распределенный источник на хорошо доступной соли KCl. Бета-активность хлорида калия обусловлена наличием в природном калии радиоактивного изотопа K-40. У K-40 период полураспада  $T=1,28 \cdot 10^9$  лет и, следовательно, активность 1 кг K-40 равна  $1,55 \cdot 10^{10}$  расп/мин.

Из распада K-40 следует, что только 89% общего числа распадов K-40 сопровождается испусканием бета-частиц, поэтому 1 кг K-40 дает

$$1,55 \cdot 10^{10} \cdot 0,89 = 1,38 \cdot 10^{10} \text{ част/мин.}$$

Так как в естественной смеси изотопов калия радиоактивного изотопа K-40 содержится 0,0119%, то на 1 кг калия приходится  $1,19 \cdot 10^{-4}$  кг K-40, который дает

$$1,38 \cdot 10^{10} \cdot 1,19 \cdot 10^{-4} = 1,64 \cdot 10^6 \text{ част/мин}$$

на 1 кг калия. Отсюда удельная бета-активность естественной смеси изотопов калия равна

$$Q = 1,64 \cdot 10^6 / 2,22 \cdot 10^{12} = 7,39 \cdot 10^{-7} \text{ Ки/кг.}$$

В 1 кг соединения содержится 0,524 кг калия. Зная удельную бета-активность калия и его количество в 1 кг хлорида калия, определим удельную активность хлористого калия:

$$Q_K = 0,524 \cdot 7,39 \cdot 10^{-7} = 3,87 \cdot 10^{-7} \text{ Ки/кг}$$

или  $8,6 \cdot 10^5$  част/мин·кг.

Проведя серию экспериментов было установлено, что при изучении законов радиоактивного распада возможна замена источника  $Sr_{90}$  на широко доступный KCl, который дает максимальную энергию вылета электронов порядка 1 МэВ. С учетом погрешности и геометрии источника удалось согласовать существующие зависимости для точечного источника.

УДК 143.53.19

О.Я. ЛИСОВСКИЙ, Е.Ю. ЛИСОВСКАЯ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ЗАГРЯЗЕННОСТИ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Из долгоживущих радиоактивных изотопов, возникающих при ядерном загрязнении окружающей среды, одним из наиболее опасных для здоровья человека является изотоп стронция – стронций-90. В учебных заведениях не допустимы эксперименты со стронцием-90. Однако радиоактивные свойства по  $\beta$ -излучению изотопа стронций-90 очень близки свойствам  $\beta$ -излучения естественного радиоактивного изотопа калий-40. Изотоп калий-40 радиационно безопасен и может моделировать в опытах свойства излучения изотопа стронций-90.

В настоящем пособии приведены методические рекомендации по использованию естественных источников ионизирующих излучений, например хлорида калия.

В зависимости от толщины слоя отобранного продукта различают препараты толсто- и тонкослойные. Толстослойным препаратом называется препарат такой толщины, дальнейшее увеличение которой не приводит к увеличению выхода электронов, поступающих из нижних слоев этого препарата. Для продуктов питания и воды, загрязненных радиоактивными веществами, такой является толщина, равная 10 мм. Различают абсолютный и относи-

тельный метод измерения радиоактивности веществ. Относительный метод измерения удельной активности препарата основан на сравнении скорости счета от данного препарата со скоростью счета от эталонного препарата, удельная активность которого известна. Для уменьшения естественного фона и, соответственно, повышения точности измерений обычно используют толстостенный свинцовый контейнер-«домик». Поэтому установка получается громоздкой и стационарной. В связи с этим, в настоящем исследовании разработана экспресс-методика измерений радиоактивной загрязненности без применения свинцового «домика», что стало возможным из-за применения выносного чувствительного счетчика.

Величину активности препарата можно вычислить по следующей формуле:

$$A = A_{KCl} \frac{n - n_{\phi}}{n_{KCl} - n_{\phi}},$$

где  $A_{KCl}$  – активность эталонного источника ( $KCl$ ),  $n$  – скорость счёта от препарата без учёта фона,  $n_{\phi}$  – скорость счёта от естественного фона,  $n_{KCl}$  – скорость счёта от эталонного источника без учёта фона.

УДК 143.53.19

М.К. СЕДОВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЯ В ВЕЩЕСТВЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предлагается определить энергию  $\gamma$ -квантов, излучаемых естественным источником  $KCl$ , не требующем специального разрешения на его использование, методом поглощения. Однако его  $\gamma$ -активность мала (около одного  $\gamma$ -распада на 20  $\beta$ -распадов), а также мала чувствительность счётчика Гейгера к  $\gamma$ -квантам (регистрируется около 0,1%). Чтобы с заданной погрешностью время измерений было приемлемым для условий учебной лабораторной работы, необходимо использовать значительный объём препарата  $KCl$ . Поэтому источник и поглотители в работе выполнены в цилиндрической геометрии. Однако выражения зависимости интенсивности излучения в точке наблюдения от толщины поглотителя получено для параллельного пучка  $\gamma$ -квантов и имеет вид

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu x}. \quad (1)$$

Чтобы не вводить поправки, необходимые для учёта цилиндрической геометрии, можно использовать относительный метод измерений. Суть его заключается в следующем. Если подобрать толщины различных поглотителей таким образом, что они в одинаковой степени будут

поглощать  $\gamma$ -кванты (для свинца и железа:  $\frac{\sigma_{Fe}}{\sigma_{Pb}} \approx 1,5$ ), то получим

$$I_0 \cdot e^{-\mu_1 x_1^*} = I_0 \cdot e^{-\mu_2 x_2^*}, \quad (2)$$

или, учитывая

$$\mu = \frac{N_0}{A} \rho \cdot \sigma, \quad (3)$$

получим

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{A_2 \cdot \rho_1 \cdot x_1^*}{A_1 \cdot \rho_2 \cdot x_2^*}. \quad (4)$$

Известно, что зависимость  $\sigma$  от энергии  $\gamma$ -квантов монотонна для энергий  $E_{\gamma} = (0,6 \div 1,6) MeV$ . По справочной таблице зависимости полного эффективного сечения взаимодействия  $\gamma$ -кванта с веществом от энергии  $\gamma$ -кванта можно найти диапазон энергий,

в котором  $\sigma$  для двух разных материалов соотносятся по (4). Записав уравнения линейной интерполяции для двух веществ и учтя (4), получим систему двух уравнений с двумя неизвестными, решив которую, получим  $E_\gamma$ .

УДК 623.19.47

А.Л. ВИНОГРАДОВ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА ПОЛУРАСПАДА СМЕСИ ПРОДУКТОВ РАСПАДА РАДОНА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Мир изначально радиоактивен. Радиоактивен и человек, и многие вещи, с которыми он контактирует, и воздух, которым дышит. Последнее в основном обусловлено наличием в воздухе радона и продуктов его распада. Радон – это инертный газ, являющийся продуктом распада радия, содержащегося в почве (кстати, более чем 5/6 годовой эквивалентной дозы формируют именно земные источники излучения). По сравнению с другими радиоактивными газами, радон имеет значительно больший период полураспада. Распадаясь, радон дает начало последовательному ряду твердых радиоактивных веществ, испускающих альфа-, бета-частицы и гамма-кванты. Радиационная опасность при воздействии радона на организм связана с его дочерними продуктами, особенно группы его короткоживущих нуклидов: от полония до талия. Многие из них оседают на поверхностях различных твердых частиц дыма, тумана, пыли и т.д. Поэтому если пропускать воздух через фильтр в течение определенного промежутка времени, то можно сконцентрировать естественные радиоактивные изотопы, присутствующие в объеме прокачанного воздуха, на поверхности фильтра. Именно в этом и заключается методика эксперимента (табл. 1). Радиоактивность фильтра после прокачки можно наблюдать при помощи детектора, регистрирующего активность продуктов распада. С течением времени скорость счета прибора спадает, что и позволяет измерить величину периода полураспада изначальной смеси продуктов по формуле

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda_{см} ,$$

где  $\lambda_{см}$  (постоянную распада смеси) можно найти из основного закона радиоактивного распада  $N = N_0 \cdot \exp(-\lambda \cdot t)$

Таблица 1

### Результаты эксперимента

№ n/n	t, с	N'	N	Ln (N0/N)	$\lambda$ , с <sup>-1</sup>	T <sub>1/2</sub> , мин
1	300	1355	1165		0.00031	37.6
2	720	1239	1049	0.10488		
3	1140	1190	1000	0.15272		
4	1560	1091	901	0.25697		
5	1980	1012	822	0.34874		
6	2400	916	726	0.47293		
7	2820	800	610	0.64702		
8	3240	733	543	0.76337		
9	3660	658	468	0.91201		
10	4080	588	398	1.07402		
11	4500	512	322	1.28592		
12	4920	479	289	1.39405		
13	5340	457	267	1.47323		
14	5760	435	245	1.55922		

Для того, чтобы сократить время проведения эксперимента, можно подсчитать постоянную распада по начальному промежутку времени. Например по результатам первых четырех измерений (см. табл. 10) путем аналогичного подсчета можно получить  $\lambda = 0.000195$ . Отсюда период полураспада  $T_{1/2} = 59.2$  мин. Но подобный метод ведет к весомой погрешности. Относительная погрешность на выбранном участке  $\lambda_{см}$  (а, значит, и  $T_{1/2}$ ) составляет 38.8%. Т.е.  $T_{1/2} = 59.2 \pm 23$  мин. Таким образом, истинное значение лежит в области погрешности.

УДК 623.19.47

А.Н. ПРОНИН, А.С. ЧЕРНЫШ

## ОБРАТНОЕ РАССЕЯНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При попадании потока электронов на поверхность какого-либо материала часть частиц может отклониться от своего первоначального направления на угол, превышающий  $90^\circ$ . Этот эффект называется обратным рассеиванием электронов. В данной работе мы изучаем обратное рассеяние электронов, испущенных естественным источником – радионуклидом  $^{40}\text{K}$ , который присутствует в хлориде калия.

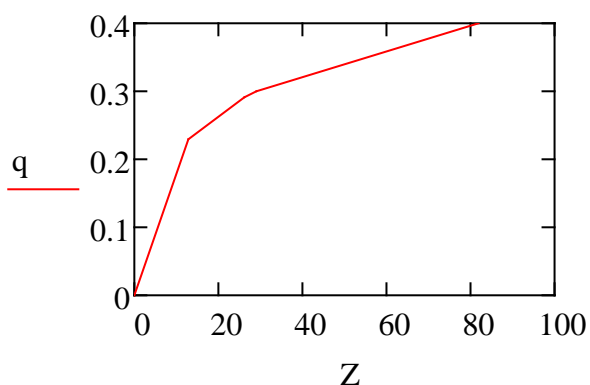


Рис. 1. Результаты, полученные на стандартном источнике  $^{90}\text{Sn}$

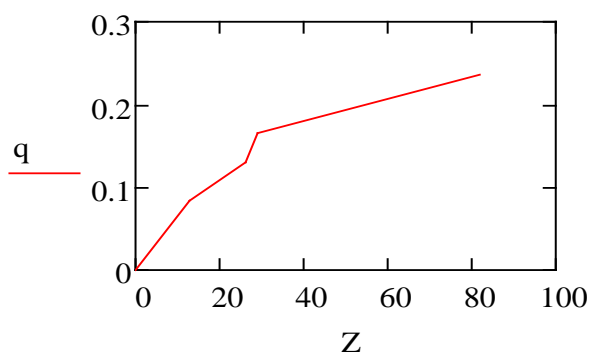


Рис. 2. Результаты, полученные на исследуемом источнике

Для того, чтобы можно было говорить об одинаковых результатах опыта, нужно оценить отношения коэффициентов для одних и тех же материалов, полученных на разных источниках.

Таблица 1

Отношение коэффициентов отражения, полученных на разных источниках

	Al	Fe	Cu	Pb
$q_1 / q_2$	0,41	0,41	0,53	0,48

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при использовании естественного источника мы получаем такие же результаты. Кривая  $q=f(Z)$  для стандартного источника лежит выше, так как его интенсивность выше, чем у естественного.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОСВЕЧИВАНИЕ $\beta$ -ИЗЛУЧЕНИЕМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Точный теоретический анализ явлений, сопровождающих прохождение электронов через толстые слои вещества, оказывается очень сложным вследствие наложения процессов многократного рассеяния и потери энергии. В общих чертах явление протекает следующим образом. Представим себе, что узкий пучок электронов падает нормально на поверхность фильтра. Первоначально быстрые электроны проходят в поглотителе некоторое расстояние приблизительно по прямой линии, теряя небольшие количества энергии и испытывая при рассеянии лишь малые отклонения. По мере уменьшения энергии электронов их рассеяние становится более сильным.

Непрерывное энергетическое распределение бета-частиц, испускаемых радиоактивными веществами, и рассеяние электронов при прохождении через вещество приводит к тому, что ослабление пучка бета-частиц, идущих от источника к детектору, носит характер, близкий к экспоненциальному закону

$$I \approx I_0 e^{-\mu d}, \quad (1)$$

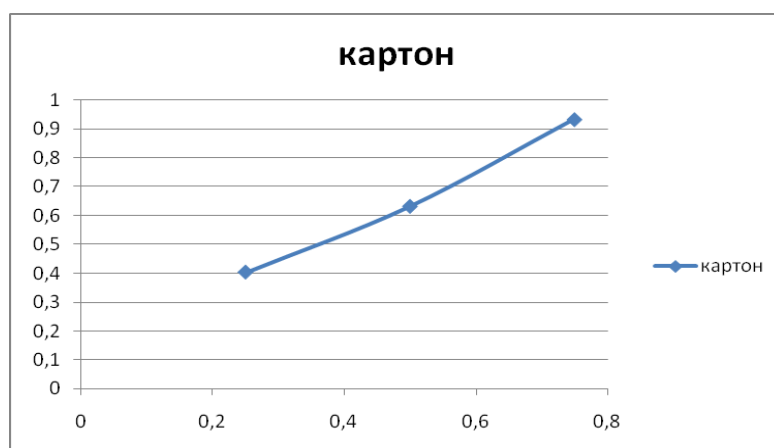
где  $d$  – толщина фильтра;  $\mu$  – коэффициент ослабления.

Именно в этом и заключается методика эксперимента. Рассмотрим один из образцов, например, картон.

*Таблица 1*

### Результаты эксперимента

$d$ , мм	$t$ , мин	$N$ , имп	$I-I_f$ , имп/мин	$I'=I_0/I$	$\lg I'$	$\sigma$	$\mu$
0,25		256,67	79,335	1,495767	0,402639	0,062418	
0,5	2	232,67	67,335	1,762333	0,631638	0,065559	0,01854
0,75		191,33	46,665	2,542948	0,933324	0,072295	



**Рис. 1. График зависимости  $\ln(I_0 / I)$  от толщины  $d$**

В ходе данной работы можно увидеть, что коэффициент ослабления зависит от плотности вещества поглотителя.

УДК 621.372.88

А.В. НАЗАРОВ, Н.Е. СЕЛЕЗНЕВ

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕМНОГО СВЧ РЕЗОНАТОРА ДАТЧИКА ПЛОТНОСТИ ГАЗОВОГО ПОТОКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в газовой промышленности получили распространение радиочастотные методы измерения покомпонентного состава продукта добычи газовых скважин. Чаще всего для этих целей применяются установки на основе СВЧ-резонаторов. СВЧ-резонатор включается в разрыв газопровода таким образом, что газовый поток при транспортировке проходит через его измерительный объем.

Принцип работы установки следующий: на ВЧ-вход резонатора подается сигнал с частотой из диапазона от 1,3 до 1,5 ГГц, что приводит к возбуждению в нем электромагнитных колебаний. В зависимости от состава смеси, транспортируемой через поперечное сечение СВЧ-резонатора (количества содержащихся в ней углеводородов и воды), происходят смещение резонансной частоты и изменение добротности последней. Исходя из изменения добротности и смещения резонансной частоты, производится определение покомпонентного состава смеси.

Однако результаты таких измерений сильно зависят от пространственного распределения компонент смеси в объеме резонатора. Изначально поток предполагается гомогенизированным, но в реальности наблюдается его расслоение на жидкую и газообразную фазы. При различном распределении фаз в поперечном сечении объемного резонатора результаты измерений добротности могут различаться. Предлагаемая модель СВЧ-резонатора позволяет проводить анализ влияния распределения компонент смеси в поперечном сечении резонатора на его добротность.

В случае расслоенного потока (кольцевой режим, когда вода течет в кольцевом слое на периферии потока, а газ распространяется в центре) для анализа можно применить модель цилиндрического объемного резонатора с многослойным диэлектрическим заполнением. Диэлектрические слои в случае кольцевого потока будут располагаться коаксиально. Реальный резонатор представляет собой металлический цилиндр с установленной в него диэлектрической втулкой, выполненной из фторопласта, через центральное отверстие которой производится транспортировка газовой смеси.

Таким образом, периферийный слой диэлектрика, прилегающий к металлическому экрану, имеет постоянные во времени параметры. Диаметр центрального отверстия диэлектрической вставки равен внутреннему диаметру газопровода. Анализ рассматриваемой структуры производится на основе метода частичных областей.

В докладе приводятся результаты расчета структур электромагнитных полей возбуждаемых в резонаторе колебаний и добротности резонатора при различных законах распределения диэлектрического заполнения в его поперечном сечении.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
УСТОЙЧИВОСТИ СЛАБОЗАПОЛНЕННОГО РЕЗОНАТОРА ЛАЗЕРА  
НА КРИСТАЛЛЕ Nd:YLF С ПРОДОЛЬНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Одним из наиболее перспективных материалов для создания активной среды твердотельного лазера является кристалл иттрий-литий фторида с примесью ионов неодима (Nd:YLF). Целью работы является теоретическое и экспериментальное исследование устойчивости резонатора лазера на указанном кристалле с продольной диодной накачкой.

В докладе приведена постановка задачи теоретического исследования лазерного резонатора, слабозаполненного активной средой в виде кристалла цилиндрической формы, а также содержащего коллимирующую линзу. Задача по выбору типа линзы, её оптической силы и положения внутри системы нетривиальна и требует моделирования. Этому вопросу и посвящена первая часть настоящей работы. Для решения поставленной задачи использован один из методов асимптотической электродинамики – матричная оптика. В результате были получены формулы, позволяющие определить устойчивость резонатора для различных параметров системы.

Вторая часть работы посвящена экспериментальному исследованию лазерного резонатора. С целью проверки теоретических результатов был проведен ряд экспериментов на лабораторной установке, схема которой приведена в докладе.

В ходе работы теоретически и экспериментально исследован лазерный генератор с низкой степенью заполнения резонатора активной средой. Разработана и опробована программа для аналитического моделирования параметров устойчивости резонатора. Результаты теоретического расчета хорошо согласуются с экспериментальными данными.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОЛЛОКАЦИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Используемые на практике круглые (открытые) диэлектрические волноводы (КДВ), в частности волоконные световоды, имеют, как правило, эллиптическую форму поперечного сечения, что обусловлено особенностями технологических процессов их изготовления. Эллиптичность поперечного сечения волновода приводит к анизотропии свойств данной направляющей структуры, проявляющейся в том, что условия распространения мод со взаимно ортогональными поляризациями оказываются различными. Результатом снятия поляризационного вырождения является то, что, в отличие от КДВ, диэлектрический волновод эллиптического сечения позволяет обеспечить фиксацию плоскости поляризации распространяющейся в нем электромагнитной волны.

Решение краевой задачи для эллиптического диэлектрического волновода (ЭДВ) может быть проведено в эллиптической системе координат с использованием аппарата функций Матье, расчет которых сопряжен с определенными математическими сложностями.

В докладе предлагается осуществить решение краевой задачи для ЭДВ в цилиндрической системе координат, используя достаточно простой инженерный метод расчета направ-

ляющих электродинамических структур – метод коллокаций. При этом электромагнитное поле внутри и вне диэлектрического стержня представляется в виде сумм по цилиндрическим функциям: внутри – в виде сумм по функциям Бесселя, вне – в виде сумм по функциям Ханкеля второго рода. Запись граничных условий (условий непрерывности касательных составляющих электромагнитного поля на границе раздела диэлектрических сред) приводит к системе линейных функциональных уравнений. Алгебраизация этих уравнений осуществляется с использованием метода коллокаций: уравнения записываются в некоторых, определенным образом расположенных вдоль границы, точках (узлах коллокаций). Дисперсионное уравнение (ДУ) волн ЭДВ получается из условия равенства нулю главного определителя полученной системы однородных линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных амплитудных коэффициентов в представлениях полей. Главной сложностью, возникающей при анализе направляющих структур с помощью метода коллокаций, является отсутствие правила, строго определяющего выбор распределения точек, в которых записываются граничные условия. В докладе рассматриваются равномерное распределение узлов коллокаций и распределение, полученное с использованием элементов теории корреляции.

Приводятся результаты численного решения ДУ для нескольких волн рассматриваемой направляющей структуры. Корректность работы программы поиска корней ДУ проверяется путем выполнения предельного перехода от ЭДВ к КДВ, решение краевой задачи для которого известно. Рассчитывается невязка касательных составляющих электромагнитного поля на границе раздела сред. Выбирается оптимальное распределение узлов коллокаций, обеспечивающее быструю сходимость решений ДУ и наилучшее выполнение граничных условий. Исследуется влияние величины эксцентриситета эллипса на дисперсионные свойства волн структуры.

УДК 621.372

А.А. БАБКИН, А.С. РАЕВСКИЙ

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА ГАЛЕРКИНА ДЛЯ КРУГЛОГО НЕОДНОРОДНО ЗАПОЛНЕННОГО ЭКРАНИРОВАННОГО ВОЛНОВОДА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Метод Галеркина позволяет рассчитывать структуры с теоретически любым поперечным диэлектрическим заполнением, однако при его практической реализации возникают принципиальные трудности.

Процедура Галеркина для круглого неоднородно заполненного волновода выглядит следующим образом. Поперечные компоненты полей рассматриваемой структуры выражаются через продольные, последние, в свою очередь, представляются в виде разложения по бесконечному базису собственных функций задачи об однородно заполненном волноводе:

$$E_z = \sum_{m=1}^{\infty} A_m J_n(\alpha_{nm} r) \cos(n\varphi) e^{-i\beta z};$$

$$H_z = \sum_{k=1}^{\infty} B_k J_n(\kappa_{nk} r) \sin(n\varphi) e^{-i\beta z},$$

где  $A_m$  и  $B_m$  - неизвестные амплитудные коэффициенты.

Далее выражение для продольных компонент подставляются в выражения для поперечных. Определяется выражение для невязки:



$$\begin{cases} \sum_{m=1}^{\infty} A_m f_{nm}^{(1)}(r) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k f_{nk}^{(2)}(r) = 0, \\ \sum_{m=1}^{\infty} A_m f_{nm}^{(3)}(r) + \sum_{k=1}^{\infty} B_k f_{nk}^{(4)}(r) = 0, \end{cases}$$

где  $f_{nm}^{(1)}(r) = -\frac{\beta\mu\omega^2}{(\varepsilon(r)\mu\omega^2 - \beta^2)^2} \frac{n}{r} \frac{d\varepsilon}{dr} J_n(\alpha_{nm}r)$ ;

$$f_{nk}^{(2)}(r) = -\frac{\omega\mu}{\varepsilon(r)\mu\omega^2 - \beta^2} \left[ \kappa_{nk}^2 J_n(\kappa_{nk}r) + \frac{\mu\omega^2}{\varepsilon(r)\mu\omega^2 - \beta^2} \frac{d\varepsilon}{dr} \kappa_{nk} J_n'(\kappa_{nk}r) \right] + \mu\omega J_n(\kappa_{nk}r)$$

$$f_{nk}^{(4)}(r) = -\frac{\beta\mu\omega^2}{(\varepsilon(r)\mu\omega^2 - \beta^2)^2} \frac{n}{r} \frac{d\varepsilon}{dr} J_n(\kappa_{nk}r).$$

Метод Галеркина предусматривает минимизацию невязки с тем, что бы приближенные выражения для поперечных компонент возможно меньше отличались от точных. Тожественное обращение невязки в нуль при численном решении, очевидно, невозможно. Можно потребовать, однако, чтобы обращались в нуль проекции невязки на множество указанных ранее базисных функций. Выполнение этого требования приводит к системе линейных однородных алгебраических уравнений, условие совместности которой дает дисперсионное уравнение рассматриваемой структуры.

Принципиальная трудность заключается в том, что в области медленных волн при вычислении проекций невязки приходится брать интегралы от функций заведомо имеющих полюс на интервале интегрирования, в результате чего интегралы получаются расходящимися. В докладе обсуждается, каким образом на этапе постановки задачи можно избежать возникновения такой проблемы.

УДК 535.8+621.373.826

С.В. ИВАНОВ, А.В. НАЗАРОВ, Н.А. ЧЕЧИН

## ПОСТАНОВКА И РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ КРУГЛОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА С ПРОДОЛЬНО-ПРОВОДЯЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается круглый диэлектрический волновод (КДВ) радиуса  $a$ , на поверхность которого нанесены тонкие идеально проводящие продольные полоски, – КДВ с продольно-проводящей поверхностью. Полоски плотно прилегают друг к другу, однако гальванического контакта не имеют. Волновод находится в поперечно неограниченной изотропной диэлектрической среде.

При решении задачи о распространении электромагнитных волн вдоль исследуемой направляющей структуры система полосок заменяется тонким сплошным цилиндром с анизотропной поверхностной проводимостью. Ток по такому цилиндру протекает только в продольном направлении (вдоль полосок) и не может протекать в азимутальном направлении.

Продольные составляющие электрического и магнитного полей внутри  $(E_{z1}, H_{z1})$  и вне  $(E_{z2}, H_{z2})$  волновода представляются в виде

$$\begin{aligned} E_{z1} &= A_1 J_n(\alpha_1 r) \cos(n\varphi) \exp[i(\omega t - \beta z)]; \quad H_{z1} = B_1 J_n(\alpha_1 r) \sin(n\varphi) \exp[i(\omega t - \beta z)]; \\ E_{z2} &= A_2 H_n^{(2)}(\alpha_2 r) \cos(n\varphi) \exp[i(\omega t - \beta z)]; \quad H_{z2} = B_2 H_n^{(2)}(\alpha_2 r) \sin(n\varphi) \exp[i(\omega t - \beta z)], \end{aligned}$$

где  $A_1, A_2, B_1, B_2$  – неизвестные амплитудные коэффициенты;  $\alpha_{1,2}^2 = \varepsilon_{1,2}\mu_{1,2}\omega^2 - \beta^2$ ;  $\varepsilon_1$  – диэлектрическая проницаемость стержня;  $\varepsilon_2, \mu_2$  – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, окружающей волновод;  $\omega$  – частота электромагнитного поля;  $\beta$  – продольное волновое число;  $J_n(x)$  – функция Бесселя;  $H_n^{(2)}(x)$  – функция Ханкеля 2-го рода. Для того, чтобы поле во внешней области экспоненциально убывало при удалении от направляющей структуры, должно выполняться условие:  $\text{Im}(\alpha_2) < 0$ .

Поперечные компоненты полей  $E_r, E_\phi, H_r$  и  $H_\phi$  выражаются через продольные  $E_z$  и  $H_z$  по известным формулам.

На границе раздела областей (на поверхности КДВ) должны выполняться условия:

$$\begin{aligned} E_{z1}(r=a) = E_{z2}(r=a) = 0; \\ E_{\phi1}(r=a) = E_{\phi2}(r=a); \\ H_{z1}(r=a) = H_{z2}(r=a). \end{aligned} \quad (1)$$

Подстановка компонент поля в граничные условия (1) приводит к системе четырех линейных однородных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно коэффициентов  $A_1, A_2, B_1$  и  $B_2$ . Условие нетривиальности решений СЛАУ (равенство нулю ее главного определителя) дает дисперсионное уравнение волн КДВ с продольно-проводящей поверхностью.

В докладе приводятся дисперсионные характеристики, радиальные распределения компонент электрического и магнитного полей, а также распределения продольной компоненты вектора Умова-Пойнтинга в поперечном сечении волновода для нескольких азимутально-симметричных ( $n=0$ ) и азимутально-несимметричных ( $n=1$ ) волн рассматриваемой направляющей структуры. Результаты расчетов сравниваются с зависимостями, полученными для соответствующих волн круглого открытого диэлектрического волновода. Показывается, что наличие на поверхности КДВ проводящих продольных полосок приводит к смещению дисперсионных характеристик волн  $E_{0m}$  и  $HE_{1m}$  в сторону более низких частот и не оказывает практически никакого влияния на дисперсионные характеристики волн  $H_{0m}$  и  $EH_{1m}$ . Дается физическая трактовка этого эффекта, определяются перспективы использования КДВ с продольно-проводящей поверхностью в технике СВЧ, КВЧ и оптического диапазонов волн.

УДК 535.8+621.373.826

В.А. МАЛАХОВ, К.В. ПОПКОВ, А.С. РАЕВСКИЙ

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА ДЛЯ ПОИСКА КОМПЛЕКСНЫХ КОРНЕЙ ДИСПЕРСИОННОГО УРАВНЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Для большинства рассматриваемых электродинамических структур решения дисперсионного уравнения являются комплексными. В настоящее время существует несколько методов нахождения комплексных корней – это различные градиентные и итерационные методы (метод деления пополам, метод Ридера, метод Мюллера, метод вариации фазы, метод секущих и т.д.). Каждый метод в отдельности обладает определенными недостатками: необходимость задания точного нулевого приближения для корня, необходимость большого интервала времени для нахождения одного корня с определенной точностью, нахождение ложных корней.

В настоящем докладе предлагается объединить два метода нахождения комплексных

корней дисперсионных уравнений: метод Мюллера и метод вариации фазы – для использования их преимуществ и исключения определенных недостатков.

Метод Мюллера представляет собой развитие метода секущих, в нем для нахождения очередного приближения используются три предыдущие точки. Этот метод обладает большим быстродействием при нахождении корня в заданной области поиска, но иногда может находить ложные корни.

Метод вариации фазы основан на обходе заданной области поиска комплексных решений по часовой стрелке и определении нулей и полюсов исследуемой функции по числу оборотов годографа функции вокруг начала координат. Число корней в исследуемой области находится на основании принципа аргумента. Этот метод обладает свойством точной идентификации наличия или отсутствия корня в заданной области, но имеет малое быстродействие, и для более точного определения корня желательно ограничить область поиска.

В комбинированном методе предлагается разделить комплексную область поиска корней дисперсионного уравнения на отдельные прямоугольные зоны, в которых сначала методом Мюллера ищется корень с определенной точностью, а потом, если корень найден, он проверяется методом вариации фазы. Комбинированный метод позволяет использовать быстродействие метода Мюллера и возможность исключить ложные корни применением для проверки найденного корня метода вариации фазы. Если метод вариации фазы подтверждает наличие корня, то корень считается истинным.

В докладе описывается алгоритм расчета дисперсионных характеристик волн с использованием комбинированного метода поиска комплексных корней на примере круглого открытого диэлектрического волновода с резистивными пленками, а также нахождения комплексных решений дисперсионного уравнения в экранированном двухслойном круглом волноводе.

УДК 535.8+621.373.826

А.В. НАЗАРОВ, Е.А. ПОПОВ

## ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СПЕКТРА ВОЛН КРУГЛОГО ПРОДОЛЬНО НАМАГНИЧЕННОГО ФЕРРИТОВОГО ВОЛНОВОДА СО СПИРАЛЬНО-ПРОВОДЯЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается круглый открытый продольно намагниченный ферритовый волновод со спирально-проводящей поверхностью, находящейся в поперечно неограниченной изотропной диэлектрической среде.

Для решения задачи о распространении электромагнитных волн вдоль исследуемой направляющей структуры используется модель спирально-проводящего цилиндра, позволяющая при достаточно малом шаге спирали  $d \ll \lambda$ , где  $\lambda$  – длина волны, заменить спирально-проводящую поверхность на сплошной цилиндр с анизотропной проводимостью.

Электродинамический анализ структуры осуществляется на основе метода частичных областей и метода укороченных дифференциальных уравнений.

Продольные составляющие электрического и магнитного полей внутри  $(E_{z1}, H_{z1})$  и вне  $(E_{z2}, H_{z2})$  волновода представляются в виде

$$E_{z1} = [\xi_2 A_1 J_n(\chi_1 r) - \xi_1 B_1 J_n(\chi_2 r)] \frac{\exp[-i(n\varphi + \beta z)]}{\xi_2 - \xi_1};$$
$$H_{z1} = i[A_1 J_n(\chi_1 r) - B_1 J_n(\chi_2 r)] \frac{\exp[-i(n\varphi + \beta z)]}{\xi_2 - \xi_1};$$

$$E_{z2} = A_2 H_n^{(2)}(\alpha r) \exp[-i(n\varphi + \beta z)]; H_{z2} = B_2 H_n^{(2)}(\alpha r) \exp[-i(n\varphi + \beta z)],$$

где  $A_1, A_2, B_1, B_2$  – неизвестные амплитудные коэффициенты;  $\xi_1$  и  $\xi_2$  – корни уравнения  $a\xi^2 - b\xi - c = 0$  с коэффициентами  $a = \omega\beta\varepsilon_1 k / \mu$ ,  $b = \omega^2(\varepsilon_1\mu_0 - \varepsilon_1\mu + k^2\varepsilon_1 / \mu) + \beta^2(1 - \mu_0 / \mu)$ ,  $c = \omega\beta\mu_0 k / \mu$ ;  $\omega$  – частота электромагнитного поля;  $\beta$  – продольное волновое число;  $\varepsilon_1$  – диэлектрическая проницаемость феррита;  $\mu, k$  – элементы тензора магнитной проницаемости феррита;  $J_n(x)$  – функция Бесселя;  $\chi_{1,2}^2 = \varepsilon_1\mu\omega^2 - \beta^2 - k^2\varepsilon_1\omega^2 / \mu + \omega\beta\xi_{1,2}\varepsilon_1 k / \mu$ ;  $H_n^{(2)}(x)$  – функция Ханкеля 2-го рода;  $\alpha^2 = \varepsilon_2\mu_2\omega^2 - \beta^2$ ;  $\varepsilon_2$  и  $\mu_2$  – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, окружающей волновод. Поперечные составляющие полей  $E_r, E_\varphi, H_r, H_\varphi$  выражаются через продольные  $E_z$  и  $H_z$ .

Запись граничных условий на поверхности ферритового стержня приводит к системе четырех линейных однородных алгебраических уравнений (СЛАУ) относительно коэффициентов  $A_1, A_2, B_1, B_2$ . Равенство нулю главного определителя СЛАУ дает дисперсионное уравнение волн круглого открытого ферритового волновода со спирально-проводящей поверхностью.

В докладе приводится исследование спектра волн структуры без диссипации энергии, в том числе спектра комплексных волн. Показывается, что при отсутствии магнитных потерь в феррите дисперсионные характеристики поверхностных волн терпят разрыв на частотах, близких к частоте ферромагнитного резонанса. При учете потерь дисперсионные характеристики становятся непрерывными, а комплексные волны трансформируются в обычные (поверхностные) волны направляющей структуры.

УДК 621.372

В.А. МАЛАХОВ, А.С. РАЕВСКИЙ, О.В. УСКОВ

### **О ВОЗМОЖНЫХ ПОДХОДАХ ОЦЕНКИ СХОДИМОСТИ РЕШЕНИЙ ДИСПЕРСИОННОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЧАСТИЧНО МЕТАЛЛИЗИРОВАННОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Вопросы сходимости играют, как известно, определяющую роль при решении проекционными методами задач электродинамики в незамкнутой форме. Отсутствие сходимости в таких задачах может привести к получению физически неверных результатов. Наоборот, доказательство хорошей сходимости используемого алгоритма – подтверждение соответствия математической модели физическому процессу.

Рассмотрим трехслойный открытый диэлектрический волновод с соосными диэлектрическими слоями, один из которых разорван на угловой координате проводящей областью (рис. 1). Наличие частичной металлизации одного из слоев делает поле рассматриваемой направляющей структуры принципиально гибридным. Частичная металлизация запрещает существование симметричных волн.

Задачу решаем методом частичных областей (МЧО). На границах раздела областей I и II, II и III записываем условия непрерывности тангенциальных компонент электрического и магнитного полей, из которых получаем системы функциональных уравнений. Использование условий ортогональности собственных функций краевых задач для выделенных частичных областей приводит к системе линейных однородных алгебраических уравнений бесконечно высокого порядка относительно неизвестных коэффициентов разложений полей в областях I, II, III. Выразив амплитудные коэффициенты областей I и III

через амплитудные коэффициенты области II, понизив тем самым порядок системы, получаем окончательную систему уравнений относительно коэффициентов второй области.

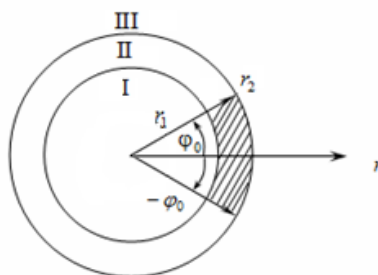


Рис. 1. Поперечное сечение рассматриваемой структуры

К дисперсионному уравнению приводит запись условия нетривиальности решений полученной системы линейных однородных алгебраических уравнений, которые решаем совместно с уравнениями, связывающими волновые числа.

Задачу решаем методом редукции в различных приближениях. Номер приближения определяется числом  $n$  собственных функций краевой задачи для области II.

Результатом работы является оценка сходимости алгоритма по решениям дисперсионного уравнения относительно продольного волнового числа, по амплитудным коэффициентам полей в частичных областях и по выполнению условий непрерывности для тангенциальных компонент поля на границах частичных областей.

УДК 51.72

О.Е. ХВОСТОВА, Е.Л. АВЕРБУХ, А.А. КУРКИН

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Метод сглаженных частиц впервые был предложен в 1977 г. Леоном Льюси и, независимо, Бобом Джингольдом и Джо Монаганом и применялся для астрофизических расчетов. Позже он был адаптирован для решения задач гидро- и газодинамики, а также динамики твердого тела.

В основе моделирования лежат уравнения механики сплошной среды в форму уравнений движения Навье-Стокса:

$$\frac{dv^a}{dt} = F^a - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x^a} + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial x^b} (T^{ab}), \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = -\rho \operatorname{div}(v), \quad (2)$$

где  $a, b = 1, 2, 3$  – числовые индексы координат;  $v^a$  – компоненты вектора скорости;  $F^a$  – компоненты вектора плотности объемных сил;  $p$  и  $\rho$  – давление и плотность жидкости соответственно;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости;  $T^{ab}$  – тензор поверхностных напряжений.

Основная идея метода сглаженных частиц состоит в дискретизации сплошной среды конечным набором лагранжевых частиц, которые движутся со скоростью потока и допускают произвольную связность между собой, что позволяет отказаться от использования сеток и назвать метод бессеточным. Все функции, входящие в систему уравнений движения, напри-

мер, давление или плотность, представляются в виде некоторой финитной функции, которая может быть продифференцирована аналитически:

$$A(r) = \int_{\Omega} A(r')W(r-r',h)dr' \quad (3)$$

где  $A$  – искомая функция,  $r$  – радиус-вектор,  $W$  – так называемая функция ядра.

Далее интеграл (3) заменяется конечной суммой по соседним к аппроксимируемой частице:

$$A_s(r) = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\rho_i} A_i W(r-r_i, h), \quad (4)$$

где  $m_i$ ,  $\rho_i$  – масса и плотность  $i$ -й частицы соответственно;  $n$  – количество соседних частиц для  $i$ -й. Величина  $h$  является носителем функции ядра. Она определяет радиус взаимодействия между частицами и называется сглаживающей длиной.

Для реализации граничных условий возможно использовать различные методы. В классическом методе используются «виртуальные» частицы, которые действуют на частицы подвижной среды посредством потенциала взаимодействия (частицы Монагана). В другом варианте, частицы располагаются вдоль границы в несколько слоев (частицы Морриса). Существует третий подход, когда при приближении частицы рассматриваемого потока к границе ближе, чем на расстояние  $d$ , вычисляется сила давления со стороны границы в направлении  $\vec{n}(\vec{r}_i)$ :

$$F_i^{press} = m_i \frac{\Delta \bar{x}_i}{dt^2} = m_i \frac{(d - |\vec{r}_{iw}|) \vec{n}(\vec{r}_i)}{dt^2}, \quad (5)$$

где  $|\vec{r}_{iw}|$  – расстояние от частицы  $i$  до граничной частицы.

В работе также рассматриваются вопросы постановки граничных условий на свободной границе: описан метод нахождения таких частиц и способ задания силы поверхностного натяжения.

УДК 621.372

Г.С. МАЛЫШЕВ, А.С. РАЕВСКИЙ

## **РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ДИСПЕРСИИ ВОЛОКОННОГО СВЕТОВОДА С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время мир переживает бум в развитии телекоммуникаций. Революционными темпами развиваются как средства беспроводной, так и кабельной связи. Кабельная связь, использующая в качестве среды для передачи информации оптическое волокно, позволяет передавать со скоростями в сотни Гбит/с огромный объем информации. В современной волоконно-оптической связи используются технологии мультиплексирования по длине волны:

- CWDM (грубое; спектральный интервал между несущими 20 нм, количество каналов до 20);
- DWDM (плотное; спектральный интервал между несущими 1 нм, десятки каналов);
- HDWDM (сверхплотное; до 0,1 нм, свыше ста каналов).

Каждая из систем имеет свою область применения: DWDM и HDWDM – в магистральных линиях, где требуется передача большого объема информации на расстоянии в сотни км, CWDM – в городских внутризональных сетях, где расстояние в единицы и десятки км, сеть разветвленная, используются мультиплексоры ввода-вывода для подключения второстепенных узлов.

Все эти системы в качестве среды могут использовать только одномодовое волокно с теми или иными дисперсионными свойствами. Одним из наиболее универсальных профилей показателя преломления (ППП) волоконного световода является W- профиль (с пониженным показателем преломления в первой оболочке, по сравнению со второй – внешней).

Дисперсионные свойства определяются радиусами оболочек, их показателями преломления, а также ППП сердцевин, форма которого может быть синтезирована по заданной спектральной зависимости коэффициента дисперсии. «Ядром» алгоритма синтеза ППП является программа расчета дисперсии волоконного световода с произвольным ППП, который представляется многоступенчатой аппроксимацией.

В докладе описывается алгоритм получения и решения дисперсионного уравнения многослойного световода, обсуждаются результаты расчета спектральных зависимостей коэффициента дисперсии для различных видов ППП.

УДК 621.372

И.Е. КОСТЫРЕНКО, В.А. МАЛАХОВ, А.С. РАЕВСКИЙ

### **КОМПОНЕНТЫ DWDM-СИСТЕМ НА ОСНОВЕ БРЭГГОВСКИХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Брэгговские волоконные решетки (БВР) используются в современной волоконно-оптической технике практически повсеместно. На них реализуются зеркала волоконных лазеров, частотные фильтры для волоконных усилителей и демультиплексоров, компенсаторы дисперсии и др.

БВР представляет собой отрезок волоконного световода, показатель преломления сердцевин которого изменяется периодически по продольной оси. Период обычно не является постоянным по длине. Закон изменения периода зависит от конкретного применения устройства на основе БВР.

БВР создается в волоконном световоде, сердцевина которого легирована оксидом германия, в интерференционной картине, получаемой от УФ-лазера. Период регулируется углом падения луча, глубина модуляции показателя преломления сердцевин – его интенсивностью. Представляет интерес создание БВР с заданными частотными свойствами. Этапу изготовления обычно предшествуют постановка и решение задачи параметрического синтеза.

На первом этапе производится анализ БВР с неизменными периодом и глубиной модуляции с использованием решений уравнений связанных волн относительно амплитуд падающей и отраженной волн сердцевин.

На следующем этапе решается задача для неоднородной решетки, представленной в виде последовательного соединения однородных решеток различных длин с разными периодами и глубиной модуляции. Программа расчета неоднородной решетки является «ядром» программы параметрического синтеза.

На третьем этапе исследуется влияние каждого из варьируемых параметров однородных решеток – длины, периода и глубины модуляции – в отдельности.

На последнем этапе производится синтез БВР по заданной частотной характеристике.

В докладе обсуждаются результаты решения задач на этапах, предваряющих синтез. Представляются результаты анализа влияния параметров неоднородной БВР на ее частотные свойства применительно к использованию ее в качестве частотного фильтра и компенсатора дисперсии.

## ОБ ИСКАЖЕНИИ ФОРМЫ ОПТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХРОМАТИЧЕСКОЙ ДИСПЕРСИИ В ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В современных кабельных сетях связи в качестве среды для передачи информации наиболее часто используется одномодовое оптическое волокно, в котором организуются десятки оптических каналов. В каждом канале (на каждой оптической несущей) скорость передачи составляет десятки Гбит/с, то есть тактовая частота следования импульсов – десятки ГГц. Оптические импульсы, распространяющиеся в волоконном световоде, под действием хроматической дисперсии претерпевают уширение.

Представляет интерес исследование изменения формы импульса при распространении его по световоду с той или иной дисперсионной характеристикой в зависимости от крутизны фронтов импульса.

Методика анализа заключается в следующем. В процессе распространения по волокну разные спектральные компоненты приобретают различный фазовый сдвиг, в результате чего импульс уширяется и меняет свою форму. Во временной области импульс после прохождения по световоду расстояния  $L$  имеет вид

$$u(t, z = L) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \tilde{u}(\omega, z = 0) \cdot e^{j(\omega t - \beta(\omega)L)} d\omega,$$

где  $\tilde{u}(\omega, z = 0)$  - фурье-спектр импульса на входе;  $\beta$  - постоянная распространения основной волны волоконного световода.

В докладе рассматривается прохождение по волоконным световодам с различными профилями показателя преломления гауссова и супергауссова импульса с индексами  $m = 2, 3$ . Рассматривается также дисперсионное уширение радиоимпульсов (с внутриимпульсной ЛЧМ).

Делаются выводы о возможных предельных скоростях передачи по световоду с заданной спектральной зависимостью дисперсии.

Модель ступенчатого профиля показателя преломления (ППП) волоконного световода является приближенной. Для строгого учета волноводной дисперсии следует учесть реальный закон изменения показателя преломления сердцевины (измеряется на заготовке, из которой затем вытягивается световод). Дисперсионное уравнение световода с произвольным ППП составляется на основе многослойной модели открытого диэлектрического волновода (сложный ППП представляется многоступенчатой аппроксимацией).

В докладе обсуждается вопрос прохождения импульсов по световоду с реальным (неступенчатым) ППП, анализируется проблема границ применимости модели эквивалентного ступенчатого профиля.

## ДИФРАКЦИЯ МОДЫ $H_{01}$ НА ОТКРЫТОМ КОНЦЕ КРУГЛОГО ВОЛНОВОДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Открытые волноводы находят широкое применение при измерении свойств материалов, построении больших фазированных антенных решеток, в аэронавтике, термографии и другие. Расчет данных структур необходимо производить на основе строго электродинамического подхода. Однако такие методы являются сложными и привлекают аппарат численно-



го интегрирования, что делает их достаточно «дорогими» с точки зрения численных расчетов. При расчете открытых структур можно пользоваться обобщением метода сшивания, в котором внешняя область аппроксимируется бесконечно протяженным вдоль оси  $z$  волноводом той же формы, но с размерами поперечного сечения много большими, чем исследуемый волновод.

В настоящей работе метод сшивания применен к расчету излучения моды  $H_{01}$  из открытого конца круглого полубесконечного волновода с идеально проводящими стенками (рис. 1). Поля в каждой из выделенных областей представляются в виде разложений по собственным волнам соответствующих волноводов. Тангенциальные компоненты полей в плоскости  $z = 0$  имеют вид

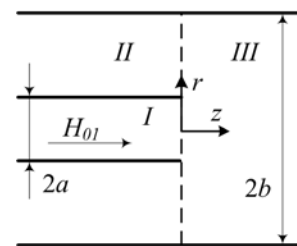


Рис. 1

$$I: \begin{cases} E_\varphi = -j\omega\mu_0 \frac{a}{\mu_{01}} J_1\left(\mu_{01} \frac{r}{a}\right) - j\omega\mu_0 \sum_{n=1}^{\infty} A_n \frac{a}{\mu_{0n}} J_1\left(\mu_{0n} \frac{r}{a}\right), & I: 0 < r < a, \quad z = 0_- \\ H_r = j\beta_1 \frac{a}{\mu_{01}} J_1\left(\mu_{01} \frac{r}{a}\right) - j \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n A_n \frac{a}{\mu_{0n}} J_1\left(\mu_{0n} \frac{r}{a}\right) \end{cases}, \quad II: a < r < b, \quad z = 0_- \quad (1)$$

$$II: \begin{cases} E_\varphi = -j\omega\mu_0 \sum_{n=1}^{\infty} B_n \frac{a}{\chi_{0n}} \left[ Y_1(\chi_{0n}) J_1\left(\chi_{0n} \frac{r}{a}\right) - J_1(\chi_{0n}) Y_1\left(\chi_{0n} \frac{r}{a}\right) \right] \\ H_r = -j \sum_{n=1}^{\infty} \rho_n B_n \frac{a}{\chi_{0n}} \left[ Y_1(\chi_{0n}) J_1\left(\chi_{0n} \frac{r}{a}\right) - J_1(\chi_{0n}) Y_1\left(\chi_{0n} \frac{r}{a}\right) \right] \end{cases} \quad III: \begin{cases} E_\varphi = -j\omega\mu_0 \sum_{n=1}^{\infty} C_n \frac{b}{\mu_{0n}} J_1\left(\mu_{0n} \frac{r}{b}\right) \\ H_r = j \sum_{n=1}^{\infty} \delta_n C_n \frac{b}{\mu_{0n}} J_1\left(\mu_{0n} \frac{r}{b}\right) \end{cases},$$

где  $\beta_n, \rho_n, \delta_n$  – постоянные распространения;  $\mu_{0n}$  – корни уравнения  $J'_0(\mu) = 0$ ;  $\chi_{0n}$  – корни уравнения  $Y'_0(\chi) J'_0(\chi b/a) - J'_0(\chi) Y'_0(\chi b/a) = 0$ .

Для нахождения амплитудных коэффициентов  $\{A_n\}, \{B_n\}, \{C_n\}$  применяется условие непрерывности тангенциальных компонент электрического и магнитного полей в плоскости  $z = 0$ . Соответствующая система функциональных уравнений здесь не приводится ввиду громоздкости. Для функций Бесселя в третьей области можно воспользоваться условием ортогональности, умножив левые и правые части на  $r J_1(\mu_{0n} r/b)$  и проведя интегрирование по всем  $0 \leq r \leq b$ . Исключая затем коэффициенты  $\{C_n\}$  и производя дополнительные линейные преобразования, можно записать итоговую бесконечную систему линейных алгебраических уравнений:

$$1 = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \frac{\beta_1 + \delta_m}{\beta_n - \delta_m} \frac{J_2(\mu_{0n})}{J_2(\mu_{01})} + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \frac{\beta_1 + \delta_m}{\rho_n - \delta_m} \frac{J_1(\chi_{0n}) Y_2(\chi_{0n}) - Y_1(\chi_{0n}) J_2(\chi_{0n})}{J_2(\mu_{01})}, \quad m = 1, 2, \dots \quad (2)$$

Система (2) может решаться в том или ином приближении. Исследование сходимости для различных частот показало, что при соотношении  $b/a = 30$  на практике можно ограничиться пятым приближением:  $n = 1, 2, 3$ ;  $m = 1, 2, \dots, 6$ .

УДК 623.19.47

И.Н. ДАНИЛОВ, В.К. МАЙСТРЕНКО, А.А. РАДИОНОВ

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА, ОСНОВАННОГО НА ИНТЕГРАЛЬНОМ СООТНОШЕНИИ ЛОРЕНЦА, ДЛЯ РАСЧЕТА СТУПЕНЧАТЫХ ВОЛНОВОДНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в технической электродинамике наиболее актуальными являются дифракционные задачи, к которым относятся задачи по расчёту электрических характеристик соединений различных направляющих структур СВЧ- и КВЧ-диапазона. В том случае,

если структуры имеют различную форму поперечного сечения или соединение этих направляющих структур является несоосным, то имеются достаточно большие трудности при создании адекватных математических моделей сложных физических процессов, имеющих место в задачах дифракции.

Одним из методов решения сложных дифракционных задач электродинамики является метод, основанный на применении леммы Лоренца. В данной работе продемонстрирован самый общий подход к решению задачи о скачкообразной нерегулярности в линии передачи на примере расчета дифракции симметричных волн на стыке двух круглых волноводов различного сечения. При этом в силу общности подхода к составлению интегрального уравнения удастся показать все достоинства предлагаемого метода, заключающиеся благодаря инвариантности задачи по отношению к месту расположения вспомогательных источников в достаточно простой процедуре ее алгебраизации. С другой стороны, выбор симметричных волн позволяет, в связи с простой структурой их полей получить расчетный алгоритм, для реализации которого не требуется проведения громоздких аналитических преобразований и значительных затрат машинного времени. Рассматриваемая задача является тестовой для исследования и апробации данного метода, на основе которого планируется дальнейшее исследование более сложных структур, расчет которых другим методом невозможен либо нецелесообразен из-за громоздкости вычислений и больших затрат машинного времени.

Результатом данной работы являются решения дифракционной задачи для симметричных волн на осьсимметричном стыке поперечного сечения круглого волновода, иллюстрирующие предлагаемый метод. Проведено исследование сходимости рассмотренного метода и сравнение численных результатов решения указанных задач с результатами, представленными в иных работах по расчету аналогичных дифракционных структур.

УДК 621.386

Д.А. ПЧЕЛКИН, А.Г. МЕЛУЗОВ

### **АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСЪЕМА С АНОДНОЙ ЧАСТИ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТРУБКИ ЖИДКИМ МЕТАЛЛОМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На базе кафедры АТС и МИ Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева проводятся экспериментальные и расчетно-технические исследования методов охлаждения анодной части рентгеновской трубки жидкометаллическим теплоносителем.

Основной целью данных исследований является разработка конструкции рентгеновской трубки с жидкометаллическим охлаждением анодной части и изготовление экспериментальной модели для проведения серии теплофизических испытаний.

КПД рентгеновской трубки в идеале не превышает 5%. 90% прикладываемой к рентгеновской трубке мощности тратится на нагрев анодного зеркала и всей анодной части рентгеновской трубки. Это накладывает весомые ограничения на допустимые мощности и время непрерывной работы рентгеновских установок, применяемых в медицине и промышленности.

В настоящее время широкое распространение получили трубки с вращающимся анодным диском. Такая конструкция обеспечивает равномерное распределение тепла по всей поверхности диска и отводится тепловым излучением, что позволяет увеличить допустимую мощность трубки. Вторым типом конструкции, получившей распространение в промышленности, является рентгеновская трубка с неподвижным анодом, который охлаждается проточной водой.

Жидкий металл обладает лучшими, по сравнению с водой, теплофизическими характеристиками, не требуя потенциально опасных режимов работы охлаждающего контура. Таким образом, применение жидкометаллического теплоносителя может существенно улучшить рабочие параметры рентгеновской трубки.

В работе проведен анализ существующих видов конструкций рентгеновских трубок, целью которого было определение оптимальных конструкторских решений для применения в конструкции экспериментальной модели, произведен обзор теплофизических процессов, протекающих в анодном зеркале, с теоретическим обоснованием необходимости применения жидкометаллического охлаждения; приведены теплофизические и мощностные параметры современных рентгеновских трубок. Был выполнен первичный теплофизический расчет охлаждения двух видов конструкции рентгеновской трубки, на основе которого произведен выбор жидкометаллического теплоносителя для дальнейших исследований.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ АНТИТЕЛ ДЛЯ ТЕРАПИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы активно стали развиваться инновационные технологии по созданию рекомбинантных белков, эффективно используемых для диагностики *in situ* и терапии, в первую очередь онкологических заболеваний. Созданы *гуманизированные* антитела, в которых фрагменты переменных доменов и константные домены мышинового моноклонального антитела, не участвующие во взаимодействии с антигеном, заменены на соответствующие участки человеческих антител. В результате такой замены остается специфичность к антигену и уменьшается иммуногенность чужеродных антител.

В настоящее время созданы и находятся в стадии клинических испытаний сотни производных антител, включающих антитела не природного формата, полученные генно-инженерными способами: биспецифические антитела, различные варианты укороченных антител, в т.ч. димеры и мономеры Fab-фрагментов, scFv-фрагменты (одноцепочечные мини-антитела), наноантитела (однодоменные антитела) и др. Описанные конструкции синтезируются в бактериальных и растительных клетках.

Принципиально другой подход состоит в создании и применении векторных систем, несущих генные конструкции, способные синтезировать в организме *in situ* полноразмерные антитела, обладающие эффекторными функциями иммуноглобулинов, в частности, антитело-зависимой клеточной цитотоксичностью и комплементзависимой клеточной цитотоксичностью.

Был синтезирован ген рекомбинантного антитела IgG, в котором были использованы соединенные линкером переменные фрагменты V<sub>H</sub> и V<sub>L</sub> к HER2/neu, далее присоединяли с помощью пептидного линкера экзон, кодирующий константные домены иммуноглобулинов человека. В структуру также был введен фрагмент, кодирующий лидерный пептид, необходимый для транспорта синтезируемых белков в клеточную среду и олигогистидиновый фрагмент, что позволяет осуществить их очистку на Ni-NTA-сефарозе и проводить иммуноферментный анализ к гистидиновой тоследовательности.

Ген рекомбинантного антитела встраивали в коммерческий вектор PCI-neo под контролем CMV-промотора, который обеспечивает экспрессию во всех тканях и щеточных линиях. Экспрессию генов исследовали в клеточной линии CHO-K, трансфицированных векторами со встроенными генами. В первую очередь доводилось обогащение продукта на Ni-NTA-сефарозе, затем с помощью шектрофореза была проанализирована молекулярная масса антитела, определенная с подвижностью маркеров 55 кДа, что совпадает с ожидаемыми размерами юлноразмерных антител.

В результате был синтезирован ген одноцепочечного рекомбинантного антитела раковому маркеру HER2/neu.

# ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ И НАНОТЕХНОЛОГИИ

---

УДК 621.357

Е.С. ФАДЕЕВА, Ю.Л. ГУНЬКО

### НАНЕСЕНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ФАЗЫ НА ВОЛОКНА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЫ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Большинство известных в настоящее время полимеров являются диэлектриками. Для практических целей часто используются системы на основе полимерных материалов с токопроводящими слоями. Наиболее перспективным направлением использования таких материалов является создание высокочувствительных оксидно-никелевых электродов на основе металлизированных полимерных волокон. Для придания поверхности полимеров токопроводящих свойств используют либо физические методы типа вакуумного напыления, либо подвергают сложной модификации с последующей химической металлизацией. Несовершенства этих способов связаны с трудоемкостью процессов, использованием дефицитных материалов типа солей платиновых металлов, трудностями генерации растворов, используемых в химической модификации и металлизации. Первичную токопроводящую фазу можно получить также за счет нанесения на нити основы полупроводниковых соединений типа сульфидов, оксидов, иодидов.

В качестве полимерной основы для изготовления оксидно-никелевого электрода авторами был выбран полипропилен, имеющий достаточную устойчивость в концентрированных щелочных растворах. Поверхность полипропилена обладает низкими адгезионными свойствами, поэтому ее сначала модифицировали травлением в смеси азотной и соляной кислот для создания на поверхности полимера активных групп. Затем на поверхность пластмассы наносили (окунанием или распылением) специальные, так называемые адгезионные, слои, состоящие из водных поливинилацетатных, акрилатных или латексных дисперсий и солей цинка, никеля, свинца и др. Последующей операцией была обработка основы в растворе сульфида натрия для получения на полимерных нитях токопроводящей фазы. Наилучшие результаты по равномерности проникновения и величине электропроводности наблюдаются при использовании клеящей композиции на латексной основе, содержащей соль свинца. Соотношение клея и водного раствора должно составлять 1:1 при концентрации ацетата свинца 40-50 г/л. После сушки основы обрабатывалась в растворе сульфида натрия концентрацией 15-20 г/л. Полученные таким образом основы обладают достаточной электропроводностью и пригодны для дальнейшей гальванической металлизации.

## **ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НИКЕЛЬ-БОР ИЗ ЭЛЕКТРОЛИТОВ С БОРСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧИСТОТЫ**

Никелевые покрытия, легированные бором, имеют разнообразные, часто уникальные свойства, которыми не обладает ни чистый никель, ни другие металлы. Наиболее технологичным способом такого легирования является электроосаждение сплава из стандартных электролитов никелирования, при введении в них некоторых борсодержащих добавок.

Составом и структурой таких покрытий можно достаточно легко управлять, меняя технологический режим, что позволяет получать электролитические сплавы никель-бор с заданными функциональными свойствами для различных областей техники. Разработанные авторами функциональные покрытия никель-бор внедрены более, чем на 10 предприятиях различных отраслей техники.

Для электроосаждения таких покрытий наиболее технологичными и стабильными в работе являются добавки полиэдрических боратов (ПЭБ), которые в последнее время стали крайне дефицитными и дорогими, что сделало их практически недоступными в использовании при внедрении новых технологий.

Авторами впервые показана возможность использования добавок ПЭБ технической чистоты, таких как декагидродекаборат тетраэтил аммония и додекагидроклозододекаборат калия, которые являются полупродуктами синтеза полиэдрических боратов лекарственной формы.

Установлено, что использование таких добавок позволяет получать качественные, однородные, мелкокристаллические полублестящие термостойкие покрытия с регулируемым содержанием бора в пределах 6-30 атомных %. Добавки имеют малый расход, стабильны в работе, легко анализируются в электролите.

Придание никелевому покрытию бором термостойкости на воздухе позволяет использовать его для замены золота на изделиях электронной техники при проведении сборочных операций. Включение бора в малых количествах стабилизирует электрические характеристики изделий; при максимальных количествах достигается повышенная твердостью и износостойкость, соизмеримая с твердостью дорогого и токсичного хромового покрытия.

Таким образом, применение полиэдрических добавок технической чистоты обеспечивает заданные функциональные свойства покрытий никель-бор, расширяет область их использования как на новых предприятиях, так и в тех производствах, где такие покрытия уже внедрены.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ГЕТЕРОГЕННОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ТОЛУОЛА**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Бензальдегид и его производные находят широкое применение в производстве лекарственных и душистых веществ, красителей, средств защиты растений.

Основными промышленными способами получения бензальдегида являются газо- и жидкофазное окисление толуола кислородом. Однако эти способы имеют ряд существенных

недостатков: низкие выход (7-10%) и селективность образования бензальдегида (30-40%), высокие энергетические затраты и др.

Другой способ получения бензальдегида основан на гидролизе бензальхлорида или хлорсодержащих ароматических соединений водным раствором соляной кислоты и раствором карбоната натрия. Данный способ обеспечивает высокий выход бензальдегида по толуолу (более 90 %), однако в результате образуются большие количества отходов, представляющих серьезную угрозу для окружающей среды.

Авторами разработана новая технология получения бензальдегида, основанная на жидкофазном окислении толуола разбавленной азотной кислотой 20-40% в совмещенном реакционно-ректификационном режиме в присутствии гетерогенного катализатора на основе оксида кремния, модифицированного оксидами железа, кобальта и марганца.

Разработанная технология позволяет проводить процесс с выходом бензальдегида 70-90%.

Проведение процесса в реакционно-ректификационном режиме позволяет поддерживать концентрацию азотной кислоты за счет удаления образующейся воды из зоны реакции в виде азеотропа с толуолом. Кроме того, образующийся бензальдегид также непрерывно удаляется из зоны реакции за счет ректификации, в результате чего значительно снижается выход продуктов более глубокого окисления.

УДК544.478:547.546

С.М. ДАНОВ, В.А. КОЛЕСНИКОВ, А.Л. ЕСИПОВИЧ

## **КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ СУПЕРКИСЛОТ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Впервые понятие «суперкислота» или «сверхкислота» было введено Р. Гиллеспи в 1968 г. Любую кислоту называют суперкислотой, когда ее кислотность выше чем у 100%-ной серной кислоты, то есть,  $H_0 < -11.93$ . Твердые кислоты активно исследовались и использовались как катализаторы в химической и, в особенности, нефтехимической промышленности много лет. Использование гетерогенных кислот вместо гомогенных в качестве катализаторов обладает определенными преимуществами. Значительно упрощается проведение непрерывных процессов, упрощается или вообще становится ненужной сепарация катализатора, решаются вопросы с коррозией аппаратуры. Кроме того, решаются также экологические проблемы, отпадает необходимость регенерации и утилизации отработанных гомогенных кислот, образующих огромные количества промышленных отходов.

Среди суперкислот наиболее исследованы и широко используются во многих химических процессах сульфатированный оксид циркония  $SO_4^{2-}/ZrO_2$  (СОЦ) и сульфатированный оксид титана  $SO_4^{2-}/TiO_2$  (СОТ). Гетерогенные катализаторы на основе таких сверхкислот оказались активными также в реакциях алкилирования, ацилирования, этерификации, дегидратации спиртов, крекинге и многих других. Достоинством таких катализаторов являются высокая активность, большой срок службы и термическая стабильность.

В данной работе исследовалась активность и селективность твердых суперкислот СОЦ и СОТ в процессе нитрования бензола и толуола одной азотной кислотой в совмещенном реакционно-ректификационном режиме. Исследовано влияние носителей на процесс нитрования. Оптимизированы состав и технология нанесения активного компонента. Катализаторы получали двухстадийным методом, включающим в себя образование соответствующих гидроксидов на поверхности носителя с последующим их сульфатированием и прокаливанием. В качестве носителей использовались экструдаты на основе алюмосиликатов и оксида циркония различного состава.

Наиболее активными в процессах нитрования бензола и толуола оказались катализаторы на основе суперкислот  $\text{SO}_3$  и  $\text{SOT}$ , нанесенных на носитель с высоким содержанием оксида алюминия. Носители, содержащие более 10 % масс. оксидов кремния и циркония, не показали высокой активности. Кроме того в процессе нитрования толуола использование катализаторов на основе таких носителей привело к резкому увеличению выхода побочных продуктов окисления толуола.

Большое влияние на активность катализатора оказывает степень сульфатирования  $\text{SO}_3$  и  $\text{SOT}$ . Проведенные авторами рентгеноскопические исследования показали, что введение сульфат-анионов приводит к переходу оксида циркония из моноклинной в более активную тетрагональную фазу и ее стабилизации. Введение  $\text{SO}_4^{2-}$  в оксид титана приводит к переходу оксида из формы анатаза в более активную тетракоординированную форму рутила. Результаты исследований по поглощению аммиака показали значительное увеличение суммарного количества кислотных центров катализатора после сульфатирования. Максимальная активность достигается при монослойном покрытии поверхности оксида анионами  $\text{SO}_4^{2-}$ , что соответствует 2–3 % масс. S. Увеличение содержания  $\text{SO}_4^{2-}$  более 5% привело к снижению активности катализатора, что может быть связано с образованием неактивных форм, содержащих связи S—O—S. Важную роль играет температура прокаливания катализаторов.

Полученные катализаторы на основе твердых суперкислот обеспечивают высокую активность и селективность в процессах нитрования в течение длительного срока службы, характеризуются высокой прочностью и устойчивостью к истиранию.

УДК 621.355

М.В. АКСЮТЁНОК, Ю.Л. ГУНЬКО

### **СОЗДАНИЕ БЕЗЛАМЕЛЬНЫХ КАДМИЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОЙ СБОРКИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Существующая в настоящее время технология изготовления безламельного кадмиевого электрода прессованного типа не обеспечивает создания высокоёмкого и одновременно механически прочного электрода, работоспособного в условиях свободной сборки электродного блока. Целью работы является создание новой технологии, отвечающей предъявляемым требованиям. Разработка таких электродов возможна при обеспечении оптимальной структуры активной массы, обеспечивающей свободный выход выделяющегося при заряде водорода и доступ электролита к частицам активного вещества. На основе проведённых исследований рекомендована и обоснована следующая последовательность операций при изготовлении электрода прессованного типа:

1. Приготовление активной массы смешением  $\text{CdO}$  с электропроводящей добавкой графита и активирующей добавкой сульфата никеля.
2. Гидратация активной массы путём введения расчётного количества дистиллированной воды в водно-глицериновой смеси с поливиниловым спиртом.
4. Введение  $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$  для создания системы макропор.
5. Прессование электродов давлением 800-1000 кгс/см<sup>2</sup>.
6. Термообработка электродов при температуре 100-150<sup>0</sup>С.

Электроды, изготовленные по предложенной технологии, имели удельную ёмкость 0,6 А·ч/см<sup>3</sup> при разрядной плотности тока 12,5 мА/см<sup>2</sup> и 0,46 А·ч/см<sup>3</sup> при 37,6 мА/см<sup>2</sup>, что на 20% превышает показатели кадмиевого электрода ламельной конструкции. Коэффициент использования активной массы – 74 ÷ 89%. Степень набухания таких безламельных кадмиевых электродов составляла 25%. Применение такого электрода для изготовления тяговых никель-кадмиевых аккумуляторов позволяет повысить их ёмкость на 5-8%.



Е.В. БАРДОВА, Е.Г. ИВАШКИН

## **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОЛИЗЁРА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ ПРОМЫВНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ВАНН**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процесс производства любого продукта характеризуется рядом параметров, одними из наиболее важных являются экологичность и экономичность. Применительно к электрохимическим производствам – это обезвреживание сточных промышленных вод и извлечение из них, для дальнейшего повторного использования, ценных компонентов. Несомненно, к таким компонентам относятся ионы тяжёлых металлов, в частности ионы никеля.

Данная работа посвящена созданию электролизера-регенератора, входящего в состав гальванических линий. В основу принципа работы таких установок заложен способ электрохимического извлечения металла на катоды с высокоразвитой поверхностью. Установка работает в режиме рециркуляции: ванна улавливания – установка – ванна улавливания. При этом в работе применяется метод математического моделирования, позволяющий экономить значительные денежные и временные ресурсы, затрачиваемые при создании реальных моделей.

В результате моделирования были получены зависимости распределения тока, толщины металла и газонаполнения по длине катода, что позволило оптимизировать процесс извлечения ионов никеля из промывных вод. Наиболее оптимальным является тот случай, когда металл равномерно распределён по поверхности катода.

Было установлено, что равномерное распределение металла даёт углеродистый материал марки НТМ-200. Наихудшие результаты показывает материал марки КНМ-800/900.

Скорость протока также оказывает существенное влияние на равномерность распределения тока и металла. Использование скорости протока ниже 2 мм/с приводит к менее равномерному распределению тока, а скорость протока выше данного значения оказывает очень малое влияние. При этом рост скорости протока выше 2 мм/с не рекомендуется вследствие непрочности материала катода (во избежание его разрушения) и увеличения затрат на перекачку электролита.

Наиболее равномерное распределение поверхности никеля достигается при использовании концентрации ионов металла 21 г/л, т.е. непосредственно после ванны улавливания. Исходя из этого, работа установки должна осуществляться периодически, по мере достижения данной концентрации.

Таким образом, наиболее оптимальным решением является использование предлагаемой установки для извлечения ионов никеля в периодическом режиме.

В итоге подобранные режимы позволили определить скорость осаждения никеля на углеволокнистый материал, время перекрытия поры и рассчитать суммарное количество металла, выделившегося на катоде.

Е.В. БАРДОВА, Е.Г. ИВАШКИН, В.В. ВАРЦОВ

## **ОЧИСТКА И РЕГЕНЕРАЦИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СТОКОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Нижегородский институт технологии и организации производства

Наличие на территории России значительных запасов природных ресурсов обуславливает развитие обширного комплекса ресурсодобывающих и перерабатывающих производств. Чаще всего они являются важными бюджетобразующими. В тоже время их

функционирование сопровождается рядом проблем, связанных с влиянием на экологию, трудностями хранения необходимых реагентов и проблемами их транспортировки.

Технологические процессы нефтедобычи и нефтепереработки сопровождаются образованием большого количества щелочных стоков (ЩС), содержащих соединения серы. При этом выброс сточных вод в открытые водоёмы и грунтовые воды неприемлем. Специфический состав ЩС не позволяет собирать и очищать их вместе с остальными промышленными стоками.

На сегодняшний день существует довольно большое количество методов очистки щелочных стоков. Выделяют методы с использованием стадий нейтрализации и методы, где такие стадии отсутствуют, а также биохимические методы очистки ЩС.

Сущность реагентных, или химических, методов удаления из воды сульфидов заключается в добавлении к обрабатываемой воде химических реагентов. В качестве таких рекомендуются использовать: хлор и его производные, гидрат окиси железа и железо, пиролюзит, марганцовокислый калий, кислород и перекись водорода.

Принцип биологической очистки воды от сероводорода и продуктов его диссоциации основан на использовании микроорганизмов, окисляющих серосодержащие соединения. Такая очистка весьма чувствительна к режиму подачи ЩС, величине рН, концентрации соединений серы, азота, фосфора, требует предварительного удаления или снижения концентрации биотоксинов, а также добавки питательных веществ, строгого температурного режима; получение культур тиобактерий с заданными свойствами требует больших финансовых затрат.

Наиболее перспективным является процесс очистки и регенерации сточных вод методом электрохимического окисления. Авторами разработана технологическая схема, включающая в себя использование оборудования, позволяющего разделять сточные воды на различные компоненты, используемые повторно в процессе переработки. Процесс очистки имеет несколько ступеней, позволяющих улавливать компоненты различного размера, и характеризуется отсутствием продуктов, требующих дальнейшей утилизации. Функционирование данной технологической схемы позволяет отказаться от реагентов.

В результате применения данного технологического решения возможно снижение рН щелочных сточных вод до необходимого значения, позволяющего производить их сброс в пластовые воды. Помимо этого данный процесс сопровождается получением готового продукта, используемого в дальнейшем в технологическом процессе получения и переработки нефти. Также преимуществом рассматриваемого метода является возможность автоматизации процесса.

УДК 621.357

Ю.В. ВЕЛИЕВА, С.В. ПЛОХОВ

### **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕДИ ИЗ РАСТВОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процессы нанесения медных покрытий химическим осаждением широко применяются в электронной промышленности для металлизации диэлектриков. Использование трилонатно-тарtratного раствора в ваннах химического меднения наиболее перспективно, так как позволяет обеспечить стабильность раствора, повысить скорость осаждения и уменьшить шероховатость осадка.

Недостатком промышленного использования трилонатно-тарtratных растворов химического меднения для металлизации отверстий печатных плат является большое количество отходов в виде отработанных электролитов и промывных вод. Для локальной очистки отработанных кислых электролитов и промывных вод гальванического меднения рекомендуется применять ионный обмен и электролиз.

Целью данной работы являлось установление закономерностей комплексообразования, а также возможности и закономерностей электроосаждения меди из отработанных щелочных трилонатно-тарtratных растворов химической металлизации.

В исследованиях использовали электролиты (рН 12,75), моделирующие по составу отработанные трилонатно-тарtratные растворы, которые готовили из следующих компонентов, г/л:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (в пересчёте на  $\text{Cu}^{2+}$ ) до 5,1; формальдегида 15-20; К,Na-виннокислого 120-125 и трилона Б 20-25, а также муравьинокислого натрия (до 40) и метилового спирта (до 2,0), являющихся продуктами окисления восстановителя.

Методами рН-метрического титрования, ПМР релаксации и спектроскопии электронных переходов в области  $\lambda=500-1000$  нм, а также с помощью расчётов ионных равновесий через константы диссоциации установлено образование ионами  $\text{Cu(II)}$  в трилонатно-тарtratных растворах смешаннолигандного комплекса анионного типа с мольным соотношением  $\text{Cu(II)}:\text{tart}^{2-}:\text{Y}^{4-}:\text{OH}^- = 1:1:1:1$ .

Такой сложный состав и структура комплексного иона меди (II) оказывает существенное влияние на закономерности электроосаждения металла. Их устанавливали с применением потенциодинамического, температурно-кинетического методов, методов вращающегося дискового электрода и парциальных потенциостатических кривых. Выявлены диффузионный контроль процесса и деполяризующее действие лигандов на электроосаждение металла, которое вызвано ослаблением связей металл-лиганды в смешанном комплексе, по сравнению с монолигандными.

Показано ускоряющее действие восстановителя на электроосаждение меди, которое может быть вызвано его специфической адсорбцией на катоде, увеличивающей отрицательный заряд поверхности, облегчающей диссоциацию комплексного аниона и вхождение ионов  $\text{Cu}^{2+}$  в двойной электрический слой. С учётом этих особенностей предложен режим извлечения металла: плотность тока  $0,15 \pm 0,05$  А/дм<sup>2</sup> (увеличивается при перемешивании); соотношение катодной (медь) и анодной (ОРТА) площадей 1:1; температура раствора  $20 \pm 5$  °С; межэлектродное расстояние 2,5 см и напряжение на электролизёре около 0,9 В.

Остаточная концентрация  $\text{Cu(II)}$  в растворе  $0,65 \pm 0,05$  г/л, достигаемая за 52 часа, при выходе по току меди с учётом химической металлизации 45-150 % и удельном расходе электроэнергии 2,5 кВт·ч/кг. Раствор после электрохимической обработки поступает на ионообменную очистку, а извлечённый металл пригоден для повторного использования.

УДК 663.4:541.49:546

А.А. ПЕРЕТРУТОВ, М.Н. ЧУБЕНКО, Л.И. ЗАЙЦЕВ

## **РАЗРАБОТКА ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОДКОРМОК ДЛЯ ПИВОВАРЕННЫХ ДРОЖЖЕЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В основе получения пива, вина, кваса и спирта лежит брожение – сложный биохимический процесс превращения веществ питательной среды в новые вещества под действием микроорганизмов и ферментов, вырабатываемых ими. Важные составные части питательной среды – ячменя, ржи, кукурузы, риса и т.д. – это углеводы и белки. Для производства пива используют осоложеное и неосоложеное сырьё. В связи с использованием высокоэкстрактивного неосоложеного сырья (рис, молотый ячмень, кукуруза, молотая пшеница, соевая мука, мальтозный сироп, сахарный сироп), в сусле уменьшается содержание жизненно важных для дрожжевой клетки соединений: витаминов, аминного азота, макро- и микроэлементов. В результате возникающего дефицита этих веществ снижается интенсивность размножения дрожжей, падает скорость брожения, увеличивается его длительность, снижается конечная степень сбраживания сусла. Это в свою очередь ведет к изменению вкусового профиля пива и уменьшению съема семенных дрожжей.

Для предотвращения снижения интенсивности размножения и бродильной активности дрожжей в сусло необходимо вносить недостающие питательные вещества (аминокислоты, соли аммония, минеральные соли) и витамины. При выборе препаратов, в состав которых входят питательные вещества для дрожжей, определении их дозировки учитывали потребность дрожжей в факторах роста и минеральных компонентах. К микроэлементам, которые необходимы для роста пивоваренных дрожжей, относятся Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn. Элементы, редко требуемые для роста – B, Na, Al, Si, Cl, V, Cr, Ni, As, Se, Mo, Sn, I.

По данным многочисленных исследований известно, что количество выросшей биомассы (кг) при генерации дрожжей увеличивается на 1 г потребленного микроэлемента в несколько раз при условии отсутствия лимита по остальным питательным компонентам. Особенно эффективно применение марганца, цинка, меди, кобальта и молибдена, экономический коэффициент выхода биомассы которых составляет соответственно 20 – 54; 6 – 20; 100 – 135; 100; 100 кг.

Лимит ионов цинка может быть восполнен только внесением компонентов, содержащих цинк, в пивное сусло, поэтому при получении пива для обогащения среды микроэлементами применяют различные препараты и «подкормки» для дрожжей. Таким образом, применяемые препараты интенсифицируют рост, размножение дрожжей и увеличение их бродильной активности. Как правило, они включают в себя соли аммония, цинка, калия, марганца.

В настоящей работе были выполнены исследования по получению комплексных соединений хлоридтетраамминцинка. Указанное соединение содержит аммоний, цинк и хлорид анион, необходимые для роста и размножения дрожжей. Это соединение способно поддерживать pH 4 – 5, необходимый для жизнедеятельности дрожжей. Метод получения заключается в осаждении тетрааммиаката цинка из растворов с помощью хлорида аммония. В связи с разработкой получения подкормки понадобились результаты полноты осаждения в зависимости от температуры и соотношения компонентов, а также данные по изменению pH и физико-химических свойств растворов при понижении температуры в процессе осаждения. Предварительные исследования показали, что осаждение комплексного соединения сопровождается образованием дигидрата двойной соли, имеющей формулу  $[Zn(NH_3)_4]Cl_2 \cdot 2NH_4Cl \cdot 2H_2O$ . Расход препарата до максимальной рекомендуемой нормы должен быть определен специальным исследованием по генерации дрожжей в зависимости от длительности и условий хранения семенных дрожжей.

УДК 543.42.4

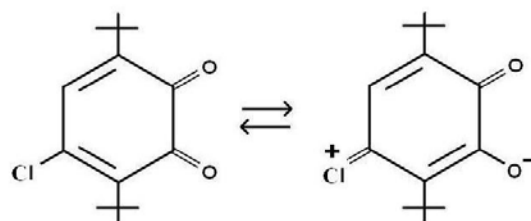
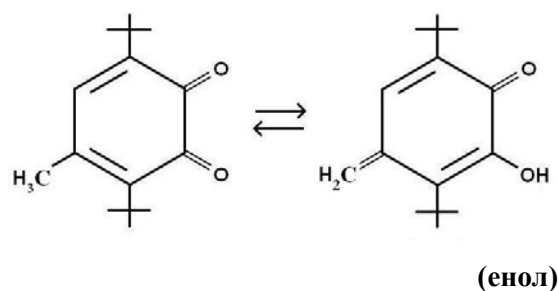
И.Ю. КАЛАГАЕВ, И.И. ГРИНВАЛЬД, Л.И. БАЖАН

## **СТРУКТУРНЫЕ ФАКТОРЫ В КЕТО-ЕНОЛЬНОЙ ТАУТОМЕРИИ ОРТО-БЕНЗОХИНОНОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Две карбонильные группы в замещенных орто-бензохинонах обуславливают сильную трансформацию молекул и возникновение нетривиальных таутомерных форм, включая биполярные (илидоподобные) структуры.

Авторами методом ИК-спектроскопии выявлена роль заместителей в контроле образования таутомерных форм молекул 4-R-3,6-ди-трет-бутил-бенз-1,2-дионов (R = OMe; CH<sub>3</sub>; Cl). Из анализа ИК-спектров замещенных орто-бензохинонов следует, что наряду с таутомером кето-формы проявляются полосы поглощения, характерные для таутомеров енольной, илидоподобной и других форм (рис. 1).



**Илидоподобная структура**

**Рис. 1**

В области валентных колебаний карбонильных групп  $1700 - 1500 \text{ см}^{-1}$  в ИК-спектрах метилпроизводного наблюдаются две полосы. Это связано с нарушением локальной симметрии дикарбонильных частей бензохинонов из-за  $\pi, \sigma$ - и  $\pi, p$ -сопряжений с заместителем R и выхода связей  $\text{C}=\text{O}$  из плоскости углеводородного кольца.

Для молекул метоксипроизводного наблюдаются три полосы в области  $1700 - 1500 \text{ см}^{-1}$  примерно одинаковой интенсивности. Появление третьей полосы обусловлено  $\pi, p$ -сопряжением с образованием двойной связи ( $-\text{C}=\text{O}^+ -$ ) в заместителе R.

В ИК-спектре хлорпроизводного бензохинона в данной области наблюдаются пять полос поглощения, включая две низкочастотные полосы  $1614, 1555 \text{ см}^{-1}$ . Эти полосы, по-видимому, относятся как к валентным колебаниям карбонильных связей, так и к валентным колебаниям фрагмента  $\text{C}=\text{Cl}^+$  в биполярном ионе.

В области  $1300 - 1100 \text{ см}^{-1}$  картина поглощения принципиально отличается для незамещенного бензохинона и его производных. Можно предположить, что наблюдаемые в этой области спектра полосы поглощения могут относиться к валентным колебаниям связей углерод-кислород в таутомерных формах различной степени  $\pi$ -заселенности.

УДК 664.6:532.77:546

А.А. ПЕРЕТРУТОВ, М.Н. ЧУБЕНКО, Н.А. КАЛАЧЕВ

### РАЗРАБОТКА ПОЛУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОДКОРМОК ДЛЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

К условиям, обеспечивающим нормальную жизнедеятельность хлебопекарных дрожжей, относятся прежде всего температура, pH и состав питательной среды.

На жизнедеятельность дрожжей значительно влияет активная кислотность среды. Водородные ионы изменяют электрический заряд коллоидов плазменной оболочки клеток и в зависимости от концентрации могут увеличивать или уменьшать ее проницаемость для отдельных веществ и ионов. От значения pH зависят скорость поступления питательных веществ в клетку, активность ферментов, образование витаминов. Жизнеспособность дрожжей сохраняется в пределах pH среды от 2 до 8; для их выращивания оптимальным является pH 4,8–5. При pH ниже 4,2 дрожжи продолжают развиваться, тогда как рост молочнокислых бактерий прекращается.

О потребности дрожжей в питательных веществах судят по их химическому составу, зависящему от питательной среды, условий культивирования дрожжей и их физиологических особенностей. Средний элементарный состав дрожжевых клеток (%) следующий: углерод 47, водород 6,5, кислород 31, азот 7,5 – 10, фосфор 1,6 – 3,5. Содержание других элементов незначительно (%): кальция 0,3 – 0,8, калия 3,5 – 2,5, магния 0,1 – 0,4, натрия 0,06 – 0,2, серы 0,2. В дрожжах найдены следующие микроэлементы (мг/кг): железо 90 – 350, медь 20 – 135, цинк 100 – 160, молибден 15 – 65.

Дрожжи *Sacch cerevisiae* усваивают аммиачный азот лучше, чем азот многих аминокислот. В присутствии сбраживаемых сахаров аммиачные соли являются для дрожжей источником лишь азота; однако при потреблении его освобождаются кислоты, изменяющие рН среды.

Микроэлементы имеют важное значение для размножения и жизнедеятельности дрожжей. Они влияют на скорость и характер различных биохимических процессов. Например, кобальт и цинк стимулируют размножение дрожжей, повышают содержание в клетках азотистых веществ небелковой природы, прежде всего ДНК, РНК и свободных аминокислот. Стимулирующее действие микроэлементов объясняется тем, что они образуют с ферментами металлоорганические и внутрикомплексные соединения. Получаемый эффект зависит от прочности связи фермента с молекулой субстрата или активации субстрата в промежуточном активном комплексе.

В настоящей работе были продолжены исследования по изучению изменения рН аммиачных растворов в процессе растворения оксида цинка в аммиачной воде с донасыщением раствора хлоридом аммония. Донасыщение проводили исходя из расчета расхода аммиака и хлорида аммония в эквивалентных количествах на образование тетрааммиаката цинка. Диапазон концентраций в исследованиях составил по аммиаку 3,01 - 12,52, моль/л, исходная концентрация хлорида аммония 5,61 моль/л.

В результате донасыщения концентрация ионов цинка составила 4,26 моль/л, общая концентрация хлорида аммония 11,7 моль/л. Исследования показали, что донасыщение хлоридом аммония позволяет понизить рН растворов тетрааммиакатов цинка с 8,5 – 10,5 до 7,5 – 8 в зависимости от исходной концентрации аммиака. Аммиачатные растворы предлагаются для использования в качестве питательных компонентов для хлебопекарных дрожжей. Минеральная подкормка, содержащая аммонийную соль и цинк, в виде раствора обладает преимуществом, по сравнению с твердыми компонентами, в виду более удобного пользования при дозировке в процессе генерации и брожения.

Таким образом, предлагаемая «подкормка» для дрожжей позволит стимулировать размножение дрожжей, повысить содержание в клетках азотистых веществ и поддержит рН среды в пределах, необходимых для жизнедеятельности дрожжей.

УДК 547.592:313

А.В. КРАСНОВ, В.И. АБДРАХМАНОВ, В.Р. САХИПОВ, В.Л. КРАСНОВ,  
Н.В. НИКИТИНА, А.И. КВАШЕННИКОВ

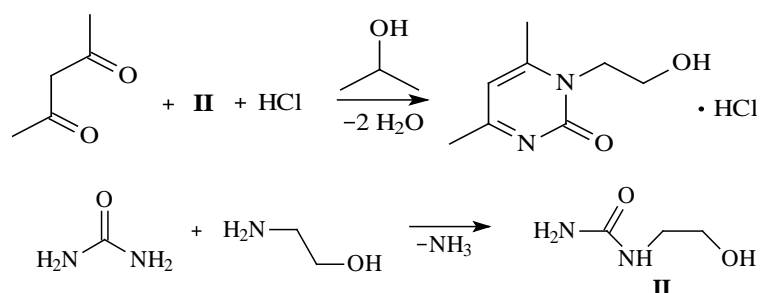
### **РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КСИМЕДОНА ИЗ КАРБАМИДА**

ООО Гамма-Хим НН,  
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

При конденсации карбамида с  $\beta$ -дикетонами, содержащими метиленовую группу в  $\alpha$ -положении, происходит образование 4,6-дизамещенных 1Н-2-пиримидонов. К этому типу гетероциклов относиться ксимедон (I) – лекарственный препарат, широко используемый в клинической практике в течение последних 15 лет.

Запатентован усовершенствованный способ получения ксимедона в виде гидрохлори-

да. Согласно этому способу, в реакции с ацетилацетоном в качестве уреидного компонента используют 2-гидроксиэтилмочевину (II), получаемую из карбамида и моноэтаноламина.



Полученный гидрохлорид ксимедона нейтрализуют действием щелочи, соды и аммиака. В оптимальном варианте по данному способу выход ксимедона в расчете на карбамид составляет 55%.

Авторами установлено, что 2-гидроксиэтилмочевину (II) перед введением в синтез гидрохлорида ксимедона необходимо подвергать перекристаллизации, так как сырой продукт взаимодействия карбамида с моноэтаноламином содержит примеси продуктов межмолекулярного и внутримолекулярного дезаминирования: 1,5-бис(2-гидроксиэтил)-биурет и 2-оксазолидона. Контроль за чистотой 2-гидроксиэтилмочевины можно осуществить по температуре плавления (Т.пл. 93<sup>0</sup>С).

Для повышения эффективности стадии выделения ксимедона авторы предлагают проводить нейтрализацию гидрохлорида ксимедона на сильноосновном анионите АВ-17 в ионообменной колонне. Выбор типа смолы обусловлен устойчивостью её солевой формы к гидролизу. Применение сильноосновного гелевого анионита АВ-17 позволяет получить 4% водный раствор основания ксимедона с концентрацией хлорид-ионов <10<sup>-20</sup>%. Динамическая обменная емкость анионита АВ-17 по 0,4 н водному раствору гидрохлорида ксимедона при полной регенерации и удельной нагрузке 0,5 л/л·час составляет 600 мг-экв/л. После ионообмена раствор ксимедона концентрируют до 50-60% содержания основного вещества. Затем кристаллизующийся при удалении воды ксимедон собирают и сушат в распылительной сушилке. Выход ксимедона (I) в реализованном способе получения составляет 64%.

УДК 615.012.8

Н.А. КУПРИЯНОВА, Н.В. ЗУБКОВА

### **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ВИРУСИНАКТИВИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОВ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАПРИЛАТА НАТРИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
филиал ФГУП «НПО «Микроген» МЗ РФ НППБП «ИмБио»

Препараты иммуноглобулинов считаются относительно безопасными продуктами и имеют многолетний опыт успешного применения в клинической практике, однако случаи заболевания пациентов вирусными гепатитами, особенно после внутривенного введения иммуноглобулина, все же были зарегистрированы. В связи с чем в технологический процесс производства иммуноглобулинов включаются дополнительные стадии инактивации вирусов. Каприлат натрия, используемый для этой цели, ранее применялся как фракционирующий агент и стабилизатор при производстве альбумина, а в дальнейшем – и как вирусиноактивирующий агент (в концентрации более 9-12 ммоль). Однако любая вирусиноактивирующая технология представляет собой компромисс между способностью уничтожить вирус и необходимостью избежать избыточной денатурации целевого продукта.

Целью настоящей работы явилась оптимизация условий вирусинактивирующей обработки каприлатом натрия ( $C_8H_{15}NaO_2$ ) при производстве лечебных препаратов иммуноглобулина G человека.

Иммуноглобулин G получали из фракции (II+III) по Кону на Нижегородском филиале ФГУП «НПО «Микроген» МЗ РФ, дополнительно очищали фильтрацией и ультрафильтрацией и обрабатывали каприлатом натрия (20 ммоль) при концентрации белка 5-10%, pH 4,0-7,0. Молекулярный состав изучали методом ВЭЖХ, фракционный состав – методом иммуноэлектрофореза, активность антител – методом ИФА. Результаты исследований показали, что обработка каприлатом натрия в концентрации 20 ммоль и pH < 5,0 не оказывает негативного влияния на молекулярный состав иммуноглобулина и активность антител. Аналогичные результаты были получены при изучении фракционного состава: после каприлатной обработки в препаратах выявлялась только четкая линия преципитации IgG. Экспериментальные данные по молекулярному составу представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Влияние каприлата натрия на молекулярный состав внутривенного иммуноглобулина**

Молекулярный состав, %	Вирусинактивирующая обработка - каприлат натрия (20 ммоль)		
	до	после	норма (по ФСП)
Полимеры	0,9	0,8	не более 1,0
Димеры и мономеры	97,4	96,5	не менее 90,0
Фрагменты	1,7	2,7	не более 5,0

Полученные результаты свидетельствуют о том, что инкубация в течение одного часа при температуре 37°C раствора иммуноглобулина с концентрацией белка  $5 \pm 0,5\%$ , pH 4,0-4,8 с каприлатом натрия в конечной концентрации 20 ммоль не приводит к изменению физико-химических и биологических свойств иммуноглобулина G.

Таким образом, каприлатная обработка рекомендуется для внедрения в технологический процесс производства внутривенного иммуноглобулина с целью инактивации вирусов.

УДК: 547.268.13+547.284

С. М. ДАНОВ, А. Е. ФЕДОСОВ, А.В. ЛУНИН, М. Е. ФЕДОСОВА

**НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСШИХ ЖИРНЫХ СПИРТОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Высшие жирные спирты – одноатомные спирты с числом атомов углерода в молекуле от 10 до 22. Они используются при производстве моющих средств, пластификаторов, анионных и неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ), косметических средств. Высшие жирные спирты применяются как флотореагенты, растворители лакокрасочных материалов, синтетических смол, а также как депрессоры испарения воды с поверхности водоемов, компоненты пеногасителей. Синтезированные на основе высших жирных спиртов неионогенные ПАВ применяются в целлюлозно-бумажной, металлообрабатывающей, нефтедобывающей, текстильной, лакокрасочной, обувной промышленности, в производстве пестицидов, удобрений, пластификаторов и строительных материалов.

Основными промышленными способами получения высших жирных спиртов являются гидроформилирование высших алкенов с получением альдегидов и их последующим восстановлением; алюмоорганический синтез; каталитическое гидрирование высших жирных кислот и их эфиров.



В настоящее время действующих производств высших жирных спиртов на территории Российской Федерации нет. Высшие жирные спирты в полном объеме импортируются из-за рубежа, главным образом из стран Западной Европы и Китая.

Жесткие требования экономического и экологического характера диктуют настоятельную необходимость создания новых технологий получения высших жирных спиртов, которые могли бы заменить существующие процессы, приводящие к образованию большого количества отходов, а также устранить или значительно уменьшить их недостатки.

Наибольший интерес в данной области представляют способы, основанные на использовании экологически чистого окислителя-пероксида водорода. Кроме того, особый интерес в качестве катализатора процесса синтеза высших жирных спиртов представляет катализатор ДП-1.

Разработанный нами катализатор ДП-1 представляет собой формованный силикалит титана (TS-1). В качестве связующего использована инертная матрица на основе природного гипса и добавок оксидов алюминия и кремния. Длительные испытания показали хорошие эксплуатационные свойства и высокую каталитическую активность.

С точки зрения исходного углеводородного сырья, наиболее перспективным является использование широкой углеводородной фракции C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> и по возможности реализация одностадийного процесса получения высших жирных спиртов.

Авторами были изучены основные закономерности синтеза высших жирных спиртов с использованием фракции нормальных углеводородов C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> и водного раствора пероксида водорода на гетерогенном катализаторе ДП-1 в непрерывном режиме. Было показано, что основными продуктами жидкофазного окисления являются соответствующие вторичные спирты и кетоны.

На основании полученных данных была разработана принципиальная технологическая схема получения высших жирных спиртов жидкофазным окислением фракции нормальных углеводородов C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> водным раствором пероксида водорода в среде метанола на гетерогенном катализаторе – ДП-1.

УДК 331.45+613.6.027

И.Ю. МАСЛОВА, А.Б. ЕЛЬКИН

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Охрана труда как осознанный специфический вид деятельности производственно-технического и научного характера существует уже более 200 лет. Проблема обеспечения безопасности человека на производстве практически всегда решается в условиях ограниченности экономических ресурсов. Отсюда вытекает необходимость в разработке таких методов управления охраной труда, которые позволили бы получить управленческие решения, обеспечивающие максимум социального эффекта при ограниченных ресурсах, при этом важно спрогнозировать частоту несчастных случаев и сопутствующие затраты.

Для анализа динамики количественных показателей производственного травматизма использовался метод статистических контрольных карт.

Количественным показателем производственного травматизма является коэффициент частоты несчастных случаев:

$$K_f = \frac{n}{N} \cdot 1000,$$

где  $n$  – количество несчастных случаев в год;  $N$  – среднесписочная численность работников предприятия.

По результатам учета производственного травматизма на авиастроительном предприятии построена статистическая контрольная карта для коэффициента частоты за период с 1999 по 2008 гг. (рис. 1).

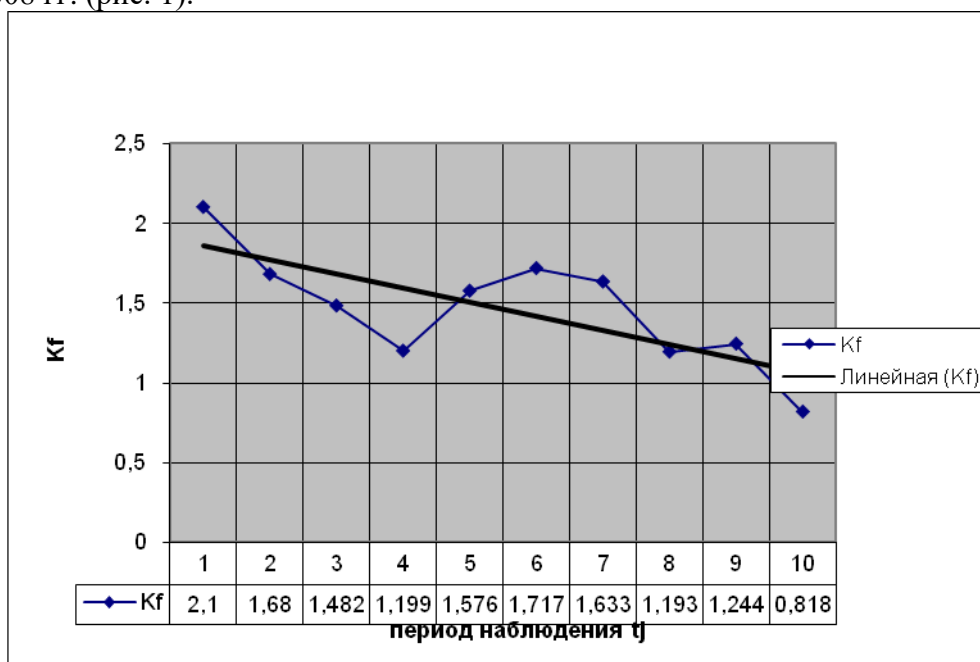


Рис. 1. Статистическая контрольная карта для коэффициента частоты

Среднее значение коэффициента частоты несчастных случаев определяется по формуле

$$\overline{K_f} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n K_{fj},$$

где  $K_{fj}$  – коэффициент частоты в  $j$ -м году анализируемого периода,  $\overline{K_f} = 1,463$ .

Верхний и нижний пределы изменения коэффициента частоты вычисляются соответственно по выражениям:

$$K_f^B = \overline{K_f} + t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}},$$

$$K_f^H = \overline{K_f} - t \cdot \frac{S}{\sqrt{n}},$$

где  $t$  – значение параметра распределения Стьюдента,  $t = 2,26$  для числа степеней свободы  $k = n - 1 = 9$  и при доверительной вероятности  $\beta = 0,95$ ,

$$S - \text{среднее квадратическое отклонение, } S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n K_j^2 - \left[ \left( \sum_{j=1}^n K_j \right)^2 / n \right]}{n - 1}}, S = 0,36.$$

По расчетам верхний предел изменения  $K_f^B = 1,72$ , нижний предел изменения  $K_f^H = 1,2$ .

При анализе показателей состояния условий и охраны труда важно также выявление средних темпов снижения или увеличения соответствующих показателей. Приняв, что  $K_f$  изменяется по годам рассматриваемого периода по линейной модели, с помощью метода наименьших квадратов произведен расчет среднего темпа изменения частоты несчастных случаев по формуле

$$K_{HC} = \frac{\sum_{j=1}^n (K_{fj} - \overline{K_f}) \cdot (t_j - \bar{t})}{\sum_{j=1}^n (t_j - \bar{t})^2},$$

где  $\bar{t} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n t_j$  – средний год.

Полученный результат  $K_{НС} = -0,0885$  показывает, что снижение коэффициента частоты несчастных случаев составляет  $\frac{-0,0885}{1,46} \cdot 100\% = 6,06\%$  в год.

Зная  $K_{НС}$ , можно рассчитать прогнозируемую частоту несчастных случаев для любого момента времени по выражению

$$\overline{K_f}(t_j) = \overline{K_f} + K_{НС} \cdot (t_j - \bar{t})$$

Так, прогнозируемая частота несчастных случаев для 2010 года составит:  $\overline{K_f}(2010) = 0,888$ .

Анализ травматизма на авиационном предприятии показывает, что система управления охраной труда на предприятии достаточно эффективна, так как коэффициент частоты несчастных случаев лишь в 2004 году превышает верхнее предельное значение. В течение всего периода наблюдений наблюдается снижение частоты несчастных случаев, что свидетельствует о правильном распределении средств, расходуемых на мероприятия по охране труда.

УДК 547.592:313

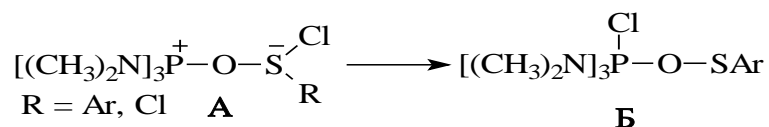
Н.В. НИКИТИНА, И.В. БОДРИКОВ, А.Ю. СУББОТИН, Л.И. БАЖАН

### КВАНТОВОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДИМЕРИЗАЦИИ СУЛЬФЕНХЛОРИДОВ

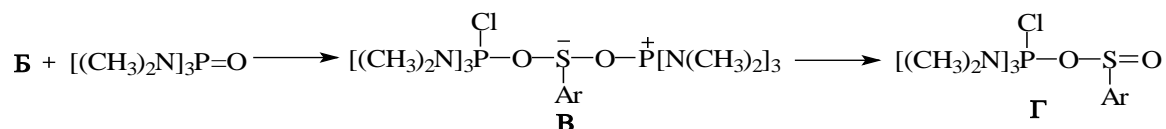
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В реакции гексаметилтриамидофосфата (ГМФТА) с сульфенхлоридами в метиленхлориде образуется тиолсульфонат и хлорид диметиламмония. Для установления механизма взаимодействия ГМФТА с п-хлорбензолсульфенхлоридом авторами были проведены квантовохимические расчеты методом MNDO (версия РМЗ).

Согласно данным квантовохимического анализа первой стадией найденной реакции, является образование донорно-акцепторного комплекса ГМФТА, серасодержащего электрофил **A** с активационным барьером  $E^\ddagger = 12$  ккал/моль, и  $\Delta H = -1,5$  ккал/моль, который далее трансформируется в комплекс **B** за счет миграции хлор-аниона от атома серы к атому фосфора ( $E^\ddagger = 26$  ккал/моль,  $\Delta H = 7$  ккал/моль).

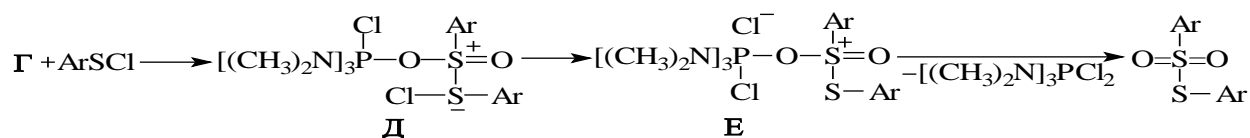


С преодолением энергетического барьера ( $E^\ddagger = 10$  ккал/моль) из комплекса **B** образуется интермедиат типа биполярного иона **B**, который относительно легко трансформируется в промежуточное соединение **Г** ( $E^\ddagger = 15$  ккал/моль) под действием второй молекулы ГМФТА, претерпевая разрыв связи фосфор-кислород.



Дальнейшее развитие каскадного процесса связано с вовлечением в реакцию проме-

жучного соединения Г и второй молекулы п-хлорбензолсульфенхлорида. Это взаимодействие с барьером активации ( $E^\ddagger = 5$  ккал/моль) приводит к метастабильной системе (состояние с минимумом энергии не возникает), в котором, однако, связь S-S фиксируется на расстоянии 2.2Е. Разрыв связи S-Cl и внутримолекулярная миграция аниона хлора к фосфору в интермедиате Д происходит с активационным барьером 50 ккал/моль, при этом энергия системы относительно высшей точки барьера уменьшается на 10 ккал/моль. Эта стадия в рассматриваемом канале превращений интермедиата Д в состояние Е является самой медленной. Разрыв связи фосфор-кислород с образованием конечного продукта реакции – тиолсульфоната протекает очень легко ( $E^\ddagger = 2$  ккал/моль,  $\Delta H = -17$  ккал/моль).



Таким образом, проведенный квантовохимический анализ позволил выявить источник кислорода и установить механизм, обеспечивающий селективную окислительную димеризацию сульфенхлоридов.

*Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований (№ 09-03-00683-а).*

УДК 547-311

А.В. СУЛИМОВА, С.М. ДАНОВ, А.В. СУЛИМОВ, Т.А. РЯБОВА, О.А. СЕСОРОВА

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ НА ПРОЦЕСС ЭПОКСИДИРОВАНИЯ АЛЛИЛОВОГО СПИРТА

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Глицидол (1,2-эпоксипропанол) является важным продуктом основного органического синтеза. Обладая высокой реакционной способностью, он легко вступает во взаимодействие с соединениями различных классов, что позволяет получать на его основе ряд продуктов, используемых во многих отраслях промышленности (эпоксидные смолы, лаки, краски, клеи, синтетические волокна, ионообменные смолы, каучуки, характеризующиеся высокой масло- и термостойкостью газонепроницаемостью и др.).

Основными способами получения глицидола являются дегидрогалогенирование монохлоргидрина глицерина, гидролиз эпихлоргидрина, взаимодействие аллилового спирта с надбензойной кислотой. Однако все эти методы имеют ряд существенных недостатков: невысокий выход целевого продукта, образование большого количества трудно утилизируемых побочных продуктов реакции, сточных вод и др. В связи с этим разработка новых способов получения глицидилового спирта является актуальной задачей.

Устранить указанные недостатки позволяет использование метода прямого эпоксидирования аллилового спирта водным раствором пероксида водорода в среде органического растворителя на гетерогенном катализаторе – титансодержащем силикалите. Растворитель в данном процессе играет роль гомогенизатора аллилового спирта и пероксида водорода, обеспечивая их взаимодействие на поверхности гидрофобного твердого катализатора. К выбору растворителя предъявляются определенные требования, с одной стороны, он должен обладать хорошей растворяющей способностью (как по отношению к аллиловому спирту, так и пероксиду водорода), с другой – он должен быть достаточно инертным в условиях реакции.

В связи с этим, авторами было изучено влияние природы растворителя на основные

закономерности процесса эпокси́дирования аллилового спирта. В качестве растворителей были рассмотрены метанол, этанол, пропанол-1, бутанол-1, пропанол-2, бутанол-2, изобутанол, ацетон, метилэтилкетон, ацетонитрил и вода. Анализ полученных данных показал, что реакционная способность аллилового спирта, избирательность процесса эпокси́дирования и степень превращения перокси́да водорода в значительной степени зависят от природы растворителя. Так, в ряду растворителей метанол, этанол, пропанол-2, ацетонитрил, ацетон, пропанол-1, метилэтилкетон, бутанол-1, бутанол-2, изобутанол и вода, происходит уменьшение выхода глицидола.

Среди рассмотренных растворителей наибольший выход целевого продукта наблюдается в спиртах. Причем следует отметить, что увеличение молекулярного веса спирта и его разветвление снижают выход глицидола. По всей видимости, это объясняется повышением объема молекулы растворителя, что приводит к снижению скорости диффузии реагентов, растворителя и продуктов реакции в порах катализатора, и в конечном итоге уменьшению выхода целевого продукта. Аналогичные тенденции наблюдаются и в ряду кетонов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для промышленной реализации гетерогенно-каталитического процесса жидкофазного эпокси́дирования аллилового спирта водным раствором перокси́да водорода целесообразнее всего в качестве растворителя использовать метанол.

УДК 661

В.П. КИМ, В.А. КОМАРОВ, Н.А. КАЛАЧЕВ, П.П. КИМ

### ДЕНИТРАЦИЯ ОТРАБОТАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ АЛИФАТИЧЕСКИМИ СПИРТАМИ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева),  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В производстве высокоэнергетических веществ получается отработанная серная кислота, содержащая оксиды азота и азотную кислоту. Для повторного использования такой кислоты в основном производстве необходимо ее денитрировать и концентрировать. Чтобы в процессе концентрирования кислоты исключить наличие оксидов азота и азотной кислоты в отходящем газе, остаточное содержание соединений азота не должно превышать  $1 \cdot 10^{-4}\%$ .

Термодинамический анализ взаимодействия соединений азота с денитрирующими агентами показал высокую денитрирующую способность алифатических спиртов.

При денитрации серно-азотной смеси, содержащей 70%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 1,557%  $\text{HNO}_3$ , метанолом азотная кислота восстанавливается до окси́да азота (II) и элементарного азота. С ростом температуры с 80 до 150 °С доля азотной кислоты, восстановленной до NO возрастает с 35,3 до 39,1 %, соответственно снижается доля элементарного азота. Содержание  $\text{CO}_2$  практически не зависит от температуры и составляет 47,9-48,6 %. Оксид углерода (II) в газовой фазе не был обнаружен.

Содержание NO в пересчете на азот можно определить по уравнению  $X = -0,7465 + 4,37 \cdot 10^{-3}T - 0,5 \cdot 10^{-5}T^2$ ,  $\text{N}_2$  по уравнению  $X = 0,2685 - 4667 \cdot 10^{-5}T$ , а  $\text{CO}_2$  в пересчете на углерод  $X = 0,0168 + 43 \cdot 10^{-5}T$ . Максимальное отклонение не превышает  $\pm 3,6\%$ , а коэффициенты корреляции  $> 0,99$ .

При денитрации кислоты, содержащей 70 %  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 1,515 %  $\text{N}_2\text{O}_3$  и 0,938 %  $\text{HNO}_3$ , метанолом температура заметнее влияет на состав продуктов денитрации. С ростом температуры с 80 до 150 °С содержание NO возрастает с 15,4 до 47,3 %, а  $\text{N}_2$  снижается с 31,6 до 2,6 %. Содержание  $\text{CO}_2$  снижается с 45,7 до 39,8 %. В газах обнаружены следы окси́да азота (III) и азотной кислоты, что, по-видимому, обусловлено физической десорбцией их из раствора в соответствии с равновесным парциальным давлением над раствором.

Содержание N<sub>2</sub> в газовой фазе можно определить по уравнению

$$X = -5,03 + 29,93 * 10^{-3}T - 4,24 * 10^{-5}T^2,$$

NO по уравнению  $X = -19,07 + 95,37 * 10^{-3}T - 11,656 * 10^{-5}T^2,$

а CO<sub>2</sub> по уравнению  $X = -10,64 + 54,26 * 10^{-3}T - 6,71 * 10^{-5}T^2.$

Максимальное отклонение не превышает ± 14 %, а коэффициенты корреляции >0,99.

При денитрации отработанной серной кислоты алифатическими спиртами только некоторая часть связанного азота дефиксируется до элементарного азота.

УДК 661.249:094.26

В.А. КОМАРОВ, Л.И. ЗАЙЦЕВ

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СУЛЬФАТА НАТРИЯ СЕРОЙ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева),  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из способов обезвреживания сточных вод и отходов, содержащих органические соединения серы, является огневое обезвреживание. Содержание органических веществ позволяет снизить топливную составляющую расходов на утилизацию стоков. При этом образуется в большом количестве зольный отвал. Он содержит преимущественно сульфат натрия (75–88%), карбонат натрия (5–16%), смесь сульфида и сульфита натрия (2–7%), а также нерастворимый в воде остаток (1,5–2%) в виде примесей железа и элементов футеровки печи. Значительное колебание состава и присутствие примесей железа осложняют использование зольного отвала.

Установлена возможность переработки данного отхода путем его восстановления до сульфида натрия, необходимого в производстве пищевой фосфорной кислоты для очистки от соединений тяжелых металлов.

Термодинамическими расчетами показана возможность восстановления сульфата натрия элементарной серой в расплаве солей. Определены термодинамические параметры данного превращения. Оказалось, что восстановительная способность серы при температуре расплава достаточно высока. Это подтверждается сравнительным анализом процесса восстановления сульфата натрия серой и углем по известной схеме.

Исследованием установлено, что в интервале температур от 900 до 1100°C степень восстановления колеблется от 24 до 32%, а выход сульфида натрия составляет 12-19%. Показаны оптимальные расходные коэффициенты по сере, которые составили 15-50 кг/т перерабатываемого плава, при этом степень использования серы составляет 60-76%. Получена математическая модель, описывающая процесс восстановления сульфата натрия серой в зависимости от температуры плава, времени обработки серой и ее удельного расхода.

УДК 616.981.48

Ю.И. ЦЕПИЛОВ

## ВАЛИДАЦИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДИК ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОГО ПРЕПАРАТА «БАКТЕРИОФАГ ДИЗЕНТЕРИЙНЫЙ ПОЛИВАЛЕНТНЫЙ, ТАБЛЕТКИ»

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в России начат процесс гармонизации нормативных документов, регламентирующих работу фармацевтического сектора, с документами ИСН и ЕС. Соответствие международным нормам позволит установить надежные технические барьеры поступлению на рынок некачественных, неэффективных и потенциально небезопасных

лекарств, а также преодолеть барьеры, препятствующие размещению отечественных препаратов на зарубежных рынках, что обеспечит развитие фармацевтической отрасли производства.

В соответствии с современными требованиями производства лекарственных средств, изложенными в ГОСТ Р 52249-09 «Правила производства и контроля качества лекарственных средств» и СП 3.3.2.1288-03 «Надлежащая практика производства медицинских иммунобиологических препаратов», использование валидированных аналитических методов является обязательным требованием как при разработке новых лекарственных средств, так и при их рутинном контроле.

Объектом валидационного исследования явился медицинский иммунобиологический препарат «Бактериофаг дизентерийный поливалентный, таблетки». Препарат является перспективным продуктом медицинской биотехнологии. В основе его лечебных свойств лежит механизм избирательного фаголизиса бактериальных клеток, вызывающих различные заболевания у человека и животных. Уровень лизиса определяет активность препарата. Была проведена валидация микробиологической методики определения активности препарата титрованием по Аппельману. В ходе исследования были подтверждены такие характеристики методики, как специфичность, правильность и прецизионность (сходимость и воспроизводимость).

Стабильность препарата определяется уровнем его влажности. На втором этапе исследований была проведена валидация аналитической методики определения потери в массе при высушивании с использованием анализатора влажности «Sartorius MA-30». Оценены такие характеристики методики, как правильность, линейность, предел обнаружения, прецизионность (сходимость и воспроизводимость). В качестве метода сравнения использовали термогравиметрический метод, изложенный в XII издании Государственной фармакопеи.

Валидационное исследование показало, что методики, используемые при контроле, позволяют получать корректную информацию для оценки качества бактериофага дизентерийного поливалентного, таблетки.

УДК 620.193-620.197

М.В.ЧЕЛНОКОВА, Д.В. БЕЛОВ, А.А. КАЛИНИНА, Т.Н. СОКОЛОВА,  
Д.И. КНЯЗЕВ, Е.А. ПЕРШИН

### **ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ФИЗИОЛОГИЮ МИКРОМИЦЕТОВ – БИОДЕСТРУКТОРОВ ЦИНКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Ранее авторами было установлено, что при непосредственном контакте микромицетов, штаммы которых наиболее распространены в природе, с поверхностью металлов усиливается их коррозионное разрушение. Впервые было сделано предположение, что инициированию коррозии способствует супероксидный анион-радикал  $O_2^{\cdot-}$ , транспортируемый к поверхности и вглубь металла через гифы микромицетов.

В работе использовали штаммы двух видов микроскопических грибов: *Aspergillus niger* и *Trichoderma viride* (Всероссийская коллекция микроорганизмов г. Пушкино Московской области), являющихся наиболее активными биодеструкторами из числа наиболее распространенных в природе.

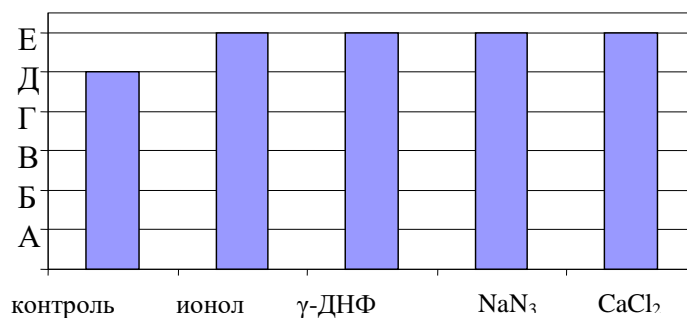
Известно, что ионол является широко распространенным антиоксидантом, ионы кальция повышают проницаемость мембран микроорганизмов, азид натрия является ингибитором ферментов антиоксидантной защиты (может приводить к полному ингибированию

активности каталазы, ингибитор цитохром-с-оксидазы), а  $\gamma$ -динитрофенол – усиляет окислительное фосфорилирование, таким образом, резко повышая метаболизм.



В чашки Петри помещали плотную питательную среду Чапека-Докса, половина чашки – обычная среда, вторая – с добавлением ионола (0,01 г на 0,5 л среды),  $\gamma$ -динитрофенола (0,005 г на 0,5 л среды), азида натрия (0,005 г на 0,5 л среды), ионов кальция в виде соли  $\text{CaCl}_2$  (0,1 г, 0,5 г и 1 г на 0,5 л). Затем засеивали газон микромицетов и через семь суток помещали цинковые образцы, сравнение проводили с контрольными образцами, помещенными на обычную среду Чапека-Докса (опыты проводили в двух повторностях).

Экспозиция длилась в течение 90 суток. Все вещества в большей или меньшей степени усилили коррозионные повреждения цинка (рис. 1).



**Рис. 1. Гистограмма динамики коррозионного разрушения образцов цинка на 90 сутки экспозиции, с добавлением в среду изучаемых веществ**

УДК 628.345:504

А.А. ГУДКОВ, Е.А. ФЕДОРОВА

### **ОСОБЕННОСТИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ ПОЛИВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Технологии производства радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем зачастую сопряжены с нанесением функциональных покрытий, обработкой подложек, получением высокопрочных материалов или других операций, требующих использования растворов электролитов, содержащих ионы высокотоксичных металлов: мышьяка, сурьмы, кадмия, свинца, хрома и др. Отработанные растворы таких производств подвергаются специальному обезвреживанию для удаления высокотоксичных компонентов. Токсичность ионов поливалентных металлов в растворе часто зависит от степени их окисления, что и является определяющим при выборе метода очистки сточных вод.

Так, в процессе производства арсина и эпитаксии образуется сточная вода, содержащая соединения мышьяка  $\text{As}^{3+}$ , обладающего большой токсичностью и растворимостью по сравнению с ионами  $\text{As}^{5+}$ . Предельно допустимая концентрация мышьяка в водных объектах рыбохозяйственного назначения (ПДК<sub>р/х</sub>) для ионов  $\text{As}^{3+}$  снижена до 0,01 мг/л; для ионов  $\text{As}^{5+}$  ПДК<sub>р/х</sub> составляет 0,05 мг/л.

Хромсодержащие стоки, содержащие ионы хрома  $\text{Cr}^{6+}$  (ПДК<sub>р/х</sub>=0,02 мг/л), проявляющего канцерогенные и тетрагенные свойства, являются запрещенными к сбросу в природные водоемы. Это требует их обезвреживания с переводом ионов хрома из шестивалентного состояния в трехвалентное, в менее токсичную форму  $\text{Cr}^{3+}$  с ПДК<sub>р/х</sub>=0,07 мг/л. Технологии обезвреживания хромсодержащих стоков разработаны с применением различных методов очистки: реагентного в сочетании с ионным обменом, электро- или гальванокоагуляции.

С целью оптимизации режима процесса электрокоагуляции было проведено математическое планирование эксперимента, включающее обработку в электрокоагуляционной установке имитата с содержанием  $[Cr^{6+}] = 102-105$  мг/л. Варьировались следующие параметры: плотность анодного тока, удельная электропроводность имитата, продолжительность обработки. Удельная электропроводность моделируемой производственной сточной жидкости изменялась добавлением в нее поваренной соли (NaCl).

Установлено, что наибольший эффект обезвреживания производственных хромсодержащих сточных вод достигается при плотности анодного тока  $i=22,0-23,0$  mA/cm<sup>2</sup>; концентрации  $C_{NaCl} = 1-2$  г/л; времени обработки  $t = 9-10$  мин.

Для обезвреживания сточных вод, содержащих соединения мышьяка в трехвалентной форме, также возможно применение электрохимического метода, однако предварительно необходимо перевести ионы  $As^{3+}$  в пятивалентную форму. Для окисления трехвалентного мышьяка в пятивалентный возможно производить озонирование сточной воды озонородной смесью. Затем окисленные стоки подаются в напорный электрокоагулятор, в котором под действием постоянного тока происходит растворение железных (или стальных) анодов с накоплением ионов железа  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  в растворе и образованием гидроксидов железа, обладающих свойствами коагулянтов. Одновременно происходит окисление ионов мышьяка  $As^{3+}$  до ионов  $As^{5+}$ . Гидроксиды железа сорбируют ионы мышьяка  $As^{5+}$  с образованием труднорастворимых соединений. Обработанные стоки затем должны пройти стадии отделения осадка и осветления стока.

УДК 628.16

И.Ю. МАСЛОВА, Е.А. ФЁДОРОВА

## ОСОБЕННОСТИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Содержание железа в разных источниках водоснабжения значительно отличается как по форме соединений железа, так и по его суммарной концентрации. Так, в природных, подземных водах и источниках питьевого водоснабжения содержание железа может колебаться в больших пределах от 0,1 до 36,0 мг/л при регламентированном СанПиНом ПДК для питьевой воды 0,3 мг/л.

Как правило, железо поверхностных вод встречается в составе комплексов с солями гуминовых кислот (гуматы) в виде так называемого *коллоидного* железа, находящегося в воде во взвешенном состоянии в составе коллоидных частиц, образованных крупными органическими молекулами (танины, лигнины), а также и бактериальное железо, получающееся в процессе жизнедеятельности железобактерий. В артезианских скважинных водах железо преимущественно присутствует в виде растворённых соединений двухвалентного железа –  $Fe(HCO_3)_2$ ,  $FeCO_3$ ,  $FeSO_4$ ,  $FeS$ . Необходимая степень обезжелезивания воды определяется конечными целями водопользования, поэтому нет единого метода очистки воды от разных форм железа.

В процессе аэрации (безреагентное обезжелезивание) кислород воздуха окисляет двухвалентное железо, при этом из воды удаляется углекислота, что ускоряет процесс окисления и последующий гидролиз с образованием гидроксида железа (III), отделяемого в виде осадка на фильтрах-осветлителях или на фильтрах-обезжелезивателях с каталитическими загрузкими. Основным недостатком процесса аэрации является необходимость проведения обезжелезивания при общем содержании железа до 10 мг/л, сероводорода не более 2 мг/л, при величине pH не менее 6,8.

Добавление в воду сильных окислителей (реагентное обезжелезивание) значительно интенсифицирует процесс окисления двухвалентного железа, сопровождающейся разруше-

нием гуматов и других органических соединений железа и переходом их в форму неорганических солей трехвалентного железа, которые легко гидролизуются. Однако использование реагентов резко снижает экологичность метода.

При каталитическом способе обезжелезивания реакция окисления железа происходит внутри напорного резервуара на скорых насыпных фильтрах, в которых насыпным слоем служат катализаторы обезжелезивания. Основным недостатком их является необходимость регенерации фильтрующих сорбирующих материалов с использованием химических реагентов.

Для удаления железа из природной воды применяются ионообменные смолы. Однако метод накладывает ограничения на содержание трёхвалентного железа, которое быстро «забивает» катионит и плохо оттуда вымывается. Кроме того, наличие в воде органических веществ, в том числе органического железа, приводит к быстрому зарастанию ионообменной смолы органической плёнкой, служащей питательной средой для бактерий.

Метод биологической очистки подразумевает использование железобактерий, окисляющих двухвалентное растворённое железо до трёхвалентного с последующим удалением коллоидов  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и бактериальных плёнок в отстойниках и на фильтрах. Способ применим, когда концентрации железа в воде особенно велики, свыше 40 мг/л или высоко содержание сероводорода и углекислоты.

К экологически безопасным и экономичным методам водоподготовки воды можно отнести извлечение ионов  $\text{Fe}^{+2}$  и  $\text{Fe}^{+3}$  из воды под действием постоянных магнитов. Метод магнитной обработки хорошо зарекомендовал себя для доочистки водопроводной и природной воды с содержанием железа общего ( $\text{Fe}^{\text{общ}}$ ) до 1,0 мг/л в локальных магнитно-механических фильтрах. При больших концентрациях железа в воде может наблюдаться отсутствие стабильности работы магнитных активаторов.

УДК 628.337

А.С. ШАМИНА, Е.А. ФЕДОРОВА

### **ВЫБОР МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Нефтеперерабатывающие и нефтехимические заводы сбрасывают сточные воды, содержащие большое количество органических примесей. В стоках содержатся различные нефтепродукты, альдегиды, смолы, фенолы и другие вредные вещества. Вредоносное действие органических примесей заключается, главным образом, в окислительных процессах, вследствие которых уменьшается содержание в воде кислорода, увеличивается биохимическая потребность в нем, ухудшаются органолептические показатели воды.

Нефтепродукты могут находиться в растворе в эмульгированном, растворенном виде и образовывать на поверхности плавающий слой. Ввиду сложности состава очищаемых нефтесодержащих вод и высоких требований к степени очистки в технологических схемах очистных станций используются комбинации различных методов. Имея данные по расходам сточных вод, их подробную характеристику, в том числе и по содержанию примесей, а также требования к очищенной воде, нужно отобрать для проверки несколько методов. На основании экспериментальных исследований с учетом технико-экономических показателей выбирают оптимальную схему очистки сточных вод.

Механическую очистку сточных вод от нефтепродуктов применяют преимущественно как предварительную. Она является, в известной степени, самым дешевым методом, а поэтому всегда целесообразна как первая стадия глубокой очистки стоков. Механическую очистку как самостоятельный метод применяют тогда, когда осветленная вода после этого способа очистки может быть использована в технологических процессах производства. Во всех других случаях механическая очистка служит первой ступенью очистки сточных вод.

В настоящее время привлекают внимание электрохимические методы глубокой доочистки осветленных стоков. Основными способами электрохимической очистки нефтесодержащих сточных вод являются электрохимическая коагуляция (электрокоагуляция) и электрохимическая флотация (электрофлотация). Электрокоагуляция основывается на процессах, происходящих при прохождении сточной воды через межэлектродное пространство электролизера. Для очистки промышленных сточных вод, содержащих высокоустойчивые загрязнения, проводят электролиз с использованием растворимых стальных или алюминиевых анодов. Под действием тока происходит растворение анода, в результате чего в воду переходят катионы железа или алюминия, которые, встречаясь с гидроксидными группами, образуют гидроксиды металлов, выпадающие в осадок в виде хлопьев. Наступает интенсивная коагуляция.

Для интенсификации процесса очистки нефтесодержащих сточных вод применяют электрофлотатор-электрокоагулятор, в котором одновременно протекают процессы флотации и коагуляции взвешенных частиц и капель нерастворимых в воде нефтепродуктов при использовании постоянного электрического тока.

Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты по относительно простой автоматизированной технологической схеме очистки без использования химических реагентов.

Сточные воды, прошедшие механическую и физико-химическую очистку, содержат еще достаточно большое количество растворенных и тонкодиспергированных нефтепродуктов, а также других органических загрязнений и не могут быть выпущены в водоем без дальнейшей очистки. Наиболее универсален для очистки сточных вод от органических загрязнений биологический метод.

УДК:628.54

М.А. ДИКУШИНА, К.Н. ТИШКОВ, И.Г. ТРУНОВА, Е.П. НЕЧАЕВА

### **ПЕРЕРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ПОЛУЧЕНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из важнейших вопросов современного земледелия является сохранение плодородия почв. Деградация почв ведет к постепенному снижению объемов образования продукции и катастрофическим изменениям в окружающей среде.

Почва загрязняется неорганическими веществами, пестицидами, из нее выводятся с сельскохозяйственными культурами органические и неорганические соединения, что изменяет химический состав почвы, обедняет ее, приводит к снижению урожайности. Россия находится в зоне рискованного земледелия и по климатическим условиям, и потому, что большая часть почв – малоурожайные подзолистые почвы, требующие постоянного внесения органических удобрений.

Современные возможности потребления органоминеральных удобрений, особенно дешевых, ограничены. Изучение осадков сточных вод (ОСВ) станций аэрации дают основания с оптимизмом смотреть на возможность получения из них органических удобрений.

В состав ОСВ входят ценные органические компоненты и в виде гуминоподобных веществ. Содержание гумуса является основным показателем, характеризующим плодородие почв. Установлено, что повышение содержания гумуса в дерново-подзолистой почве на 1% увеличивает продуктивность пашни более чем на 25% , а комплекс ценных свойств гуминовых кислот предопределяет их использование как в сельском хозяйстве, так и для решения многих экологических задач.

В настоящее время существует много гуминовых удобрений, получаемых различным способом, при этом разнятся как исходное сырье, так и методы получения гуминовых соединений из него. Различна и форма гуминовых удобрений (компост и др.). Несмотря на различный способ получения и малое количество внесения, гуминовые удобрения благоприятно влияют на плодородие почвы.

Помимо ценных компонентов (гуминовые вещества) ОСВ содержат такие токсичные компоненты, как тяжелые металлы (кадмий, свинец, хром и др.), остатки нефтепродуктов, поверхностно-активные вещества и другие вредные соединения, что требует очистки ОСВ для дальнейшего применения в сельском хозяйстве.

Основная трудность в решении проблемы по удалению тяжелых металлов из ОСВ заключается в том, что металлы содержатся в осадках в виде комплексных соединений с органическими лигандами. Это затрудняет их извлечение и дальнейшую утилизацию. Современный подход к переработке таких сложных смесей должен основываться на комплексной переработке исходных веществ с сохранением всех ценных свойств исходных компонентов и возможностью создания замкнутых циклов по технологическим средам. Разработка таких технологий позволит выйти на более качественный уровень утилизации ОСВ.

УДК 620.193-620.197

М.В.ЧЕЛНОКОВА, Д.В. БЕЛОВ, А.А. КАЛИНИНА, Т.Н. СОКОЛОВА,  
Е.А. ПЕРШИН, Д.И. КНЯЗЕВ

## ВЛИЯНИЕ ФЕНОЛА, ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ И РОДСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА МИКОЛОГИЧЕСКУЮ КОРРОЗИЮ ЦИНКА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследовано воздействие микромицетов – *Aspergillus niger* (1), *Aspergillus terreus* (4), *Aspergillus oryzae* (5), *Chaetomium globosum* (11), *Fusarium moniliforme* (9), *Gliocladium roseum* (7), *Paecilomyces varioti* (2), *Penicillium ochro-chloron* (10), *Penicillium chrysogenum* (13), *Penicillium martensii* (6), *Penicillium cyclopium* (12), *Penicillium brevi-compactum* (8), *Trichoderma viride* (3) (Все-российская коллекция микроорганизмов г. Пушкино Московской области) – на поверхность цинковых образцов с адсорбированными соединениями фенольного типа.

Цинковые образцы обрабатывали 0,01М растворами фенола, производных фенола и родственных ему соединений. Обработку образцов проводили в течение 12 часов: фенолом и ализарином в этиловом спирте; гидрохиноном, резорцином, пирогаллолом,  $\alpha$ -нафтолом,  $\beta$ -нафтолом, токоферолом в ацетоне; *орто*-изоборнилфенолом и ионолом в гексане. После чего образцы извлекали из раствора, высушивали на воздухе при температуре 25°C и помещали на газон микромицетов. Динамику коррозии обработанных образцов изучали в сравнении с коррозией необработанных (контрольных) образцов рис. 1. Каждый опыт проводили в четырех повторностях.

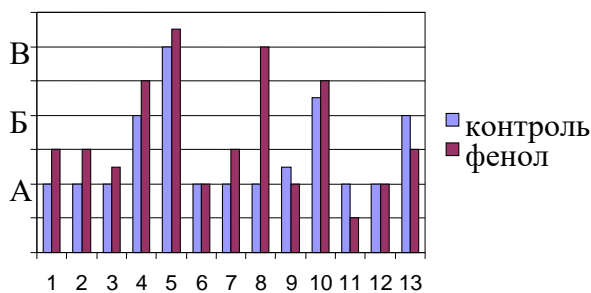


Рис. 1. Гистограмма динамики коррозионного разрушения образцов цинка, обработанных фенолом на третьи сутки экспозиции

Начальный этап коррозионного разрушения сопровождается образованием на участках поверхности металла жидкого экссудата с  $\text{pH} > 7$ , его количество и основность зависят от штамма микроорганизма и природы адсорбированного вещества. Вместе с тем, обнаружено, что обработка всех соединений исследуемого ряда приводит к усилению коррозии цинка на ранней стадии (3 суток с начала экспозиции) под воздействием микроскопических грибов *A. niger*; *Paec. variotii*; *Trichoderma viride*; *A. terreus*; и к ослаблению – под влиянием микромицета *P. chrysogenum*. В остальных случаях результаты не столь однозначны.

Ранее было установлено, что в иницировании коррозионного разрушения цинка с образованием ионов  $\text{OH}^-$  в экссудате определенную роль играют активные формы кислорода (АФК). Чем активнее микромицеты с точки зрения образования и выделения в окружающую среду АФК, тем раньше с начала экспозиции образуется экссудат. В работе обнаружено, что подобная динамика биокоррозии на ранних стадиях, вероятно, связана с реакцией микромицетов на увеличение в окружающей среде АФК, образующихся дополнительно в свободно-радикальных процессах с участием адсорбированных фенолов.

УДК 66.074

В.В. ЧЕЛЫШКИНА, Н.Н. КОТОВА, Н.В. КСАНДРОВ

## ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЕРНОКИСЛОТНОГО РАСТВОРА НА АКТИВНОМ УГЛЕ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Проблема очистки отходящих газов на сегодняшний день актуальна. Большое количество вредных веществ выбрасывается в атмосферный воздух промышленными предприятиями. К числу многотоннажных вредных веществ, загрязняющих атмосферу, относится  $\text{SO}_2$ . Он вызывает образование кислотных дождей, вредно действует на живые организмы. Учитывая значительный общий фон по  $\text{SO}_2$  в атмосфере, необходимо решить экологическую задачу повышения качества среды обитания, создав безотходную технологию переработки сернистых топлив.

Для обезвреживания газов, содержащих  $\text{SO}_2$ , предложено большое число методов: абсорбционные, мембранные, адсорбционные. В настоящее время большой интерес вызывают способы, основанные на поглощении указанного оксида твердыми сорбентами – активными углями, которые легко регенерируются путём промывки водными растворами серной кислоты. К их достоинствам относятся: высокая адсорбционная ёмкость, доступность, сравнительно низкая стоимость, гидрофобность. Недостатком является невысокая селективность. Применяют активные угли (АГ-3, АГ-5, АРВ) и полукокс (ПК-1), получаемые из ископаемых и древесных углей. Скорость регенерации активных углей выше, чем у полукокс.

На поверхности сорбента при адсорбции жидкой фазы образуется поверхностный раствор, состав которого отличается от состава объемного раствора при любых значениях коэффициента распределения, отличных от единицы. В данной системе поверхностный раствор обогащается серной кислотой. Наличие воды в поверхностном растворе объясняется, в основном, гидратацией сорбированной кислоты, так как уголь сам по себе относится к гидрофобным сорбентам, хотя даже в отсутствие серной кислоты уголь сорбирует до 2 ммоль воды на грамм.

В проведенной серии опытов было показано, какое количество кислоты способен поглотить активный уголь марки АГ-3. Исследования проводились с неподсушенным углем. Все навески насыщались кислотой различной концентрации (5%, 10%, 15%, 20%, 25%), и исследования проводились при трех различных температурах ( $20^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$  и  $70^{\circ}\text{C}$ ). Изменение температуры оказывает непосредственное влияние на адсорбционную емкость углей; при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  адсорбционная емкость несколько выше, чем при более высоких температурах. Построен график зависимости отношения числа молей воды к числу молей серной

кислоты. Известно, что число гидратации лежит в пределах 5-12. Более высокие числа гидратации объясняются тем, что для этого отношения известен механизм расположения на активном угле, так как молекулы воды, гидратирующие молекулы кислоты, связываются с дополнительными молекулами воды, поэтому число  $n$  может лежать в более высоких пределах (30-60).

Насыщенный  $\text{SO}_2$  уголь регенерировали статическим путём раствором серной кислоты. Регенерация сводится к удалению с поверхности сорбента серной кислоты. Проведённые эксперименты показывают, что оптимальная температура регенерации равна  $50^\circ\text{C}$ . Уменьшение степени регенерации при  $70^\circ\text{C}$  может быть объяснено с точки зрения возрастания степени диссоциации серной кислоты при сохранении электронейтральности поверхности угля. По полученным данным, достижение концентрации регенерированной кислоты выше 20% требует насыщения угля  $\text{SO}_2$  больше 4 ммоль/г.

УДК 66.099.2.631

Е.П. ШИКИНА, М.С. ЛАШМАНОВ, А.С. БОРИСЕНКО

### **КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ НА ОБЖАТЫХ КОНТАКТАХ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Объёмы производства серной кислоты исчисляются сотнями млн т/год, причём потребность в ней непрерывно увеличивается. Это означает, что огромные количества недоокисленного диоксида серы выбрасываются в атмосферу с отходящими газами. Следовательно, выход по серной кислоте уменьшается, а масса загрязняющих веществ в атмосфере увеличивается. Эта проблема решается следующим образом:

- 1) введением в производство низкотемпературных катализаторов, дающих большую степень окисления;
- 2) проведением каталитической очистки отходящих газов.

В обоих случаях необходим механически прочный катализатор, обладающий хорошей каталитической активностью и малой стоимостью. Поэтому усовершенствование существующих промышленных ванадиевых катализаторов становится важной проблемой.

В большинстве случаев для увеличения активности, прочности и пористости катализаторов исследуют влияние химического состава (соотношение компонентов) и условий приготовления. В последние годы опубликованы работы и монографии, где отмечено положительное влияние на активность контактных масс воздействия на систему интенсивных импульсов механического характера, называемое механохимической активацией.

На кафедре «Технология неорганических веществ» ДПИ НГТУ совместно с ФГУП «ГосНИИМАШ» выполнены эксперименты по каталитическому окислению диоксида серы на катализаторах марок БАВ и СВД, подвергнутых импульсному давлению взрыва конденсированного взрывчатого вещества. В результате такой обработки контактная масса равномерно наносилась на внутреннюю поверхность металлической трубки с получением так называемых обжатых контактных масс (Патент РФ №2036721 «Способ получения каталитической трубы»). Для создания идентичных условий экспериментов количество гранулированных катализаторов в плоском слое по массе было равно количеству, нанесённому методом взрыва на внутреннюю поверхность каталитической трубки. Эксперименты проводили в проточном каталитическом реакторе в интервале температур  $300-500^\circ\text{C}$  и концентраций диоксида серы от 0.5 до 6.0% (об.)

Результаты исследования катализатора БАВ показывают, что превосходством обладает обжатый катализатор, который позволяет достичь высокой степени превращения при более низких температурах. Так, при  $T=400^\circ\text{C}$  и  $C_{\text{SO}_2}^{\text{нач}}=0.5\%$  на гранулированном катализаторе степень превращения составляет всего 75%, когда на обжатом при аналогичной концентрации и более низкой температуре  $T=350^\circ\text{C}$  степень окисления составляет 82%.

При исследовании катализатора СВД установлено, что степень превращения  $\text{SO}_2$  на гранулированном катализаторе увеличивается от 65 до 85% с ростом температуры от 350 до 500 $^{\circ}\text{C}$  и с увеличением начальной концентрации, в то время как степень превращения на обжате катализаторе стабильна на уровне не ниже 80-95% в том же температурном интервале.

Следовательно, превосходством обладают обжаты катализаторы, которые позволяют достичь высокой степени превращения  $\text{SO}_2$  при более низких температурах.

УДК 541.001:546.56

А.А. МЮНЦ, Ю.Л. ГУНЬКО

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТЫХ И ПРОТОНИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ(I) И МЕДИ(II) С ОЭДФ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Благодаря своим физическим свойствам медные покрытия приобрели широкое распространение в качестве специальных покрытий для повышения электро- и токопроводности, прирабатываемости деталей, а также в качестве подслоя в защитно-декоративных покрытиях для экономии никеля при сохранении защитных свойств суммарного покрытия и улучшения сцепления никеля с основным металлом. Комплексные электролиты меднения занимают второе место по масштабам применения в гальваническом производстве для нанесения медных покрытий, уступая серноокислым электролитам. Из комплексных электролитов применяют: цианистые, пирофосфатные, аммиакатные, этилендиамидовые, полиэтиленполиаминовые, гексаметафосфатные, триполифосфатные.

Перспективными для практического использования могут являться электролиты на основе комплексов меди с оксиэтилидендифосфоновой кислотой (ОЭДФ). Однако разработка новых эффективных электролитов меднения осложняется отсутствием информации о составе и устойчивости комплексных соединений, в виде которых медь присутствует в данных электролитах.

Изучение комплексообразования меди(I) и меди(II) с ОЭДФ проводилось потенциометрическим методом. В качестве фонового электролита был использован 1М  $\text{NaNO}_3$ , электродом, обратимым к ионам меди, являлся металлический медный электрод, электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод в насыщенном растворе  $\text{KCl}$ . Измерение рН производилось при помощи стеклянного электрода. Во избежание влияния кислорода на равновесный потенциал медного электрода ячейку продували водородом. В ходе работы были изучены кислотно-основные свойства ОЭДФ и вычислены значения констант протонирования. Получены зависимости равновесного потенциала металлического медного электрода от концентрации ионов меди, ОЭДФ и рН раствора. На основании полученных данных сделаны выводы о составе комплексов и вычислены константы их устойчивости.

УДК 620.193-620.197

А.А. КАЛИНИНА, М.В. ЧЕЛНОКОВА, Д.В. БЕЛОВ, Т.Н. СОКОЛОВА, Е.А. ПЕРШИН

### **ВЛИЯНИЕ АКТИВНЫХ ФОРМ КИСЛОРОДА, ПРОДУЦИРУЕМЫХ БАКТЕРИЯМИ, НА ИНИЦИИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ ЦИНКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Жизнедеятельность микроорганизмов естественной среды (почвы, влажного воздуха, воды) часто является одной из главных причин коррозионных повреждений металлов с вытекающими экологическими и экономическими последствиями. Вместе с тем, механизм био-



логической коррозии под воздействием наиболее распространенных в природе органотрофов до сих пор остается не установленным. Ранее при исследовании системы "металл-микробиота" было выдвинуто предположение, что инициировать повреждение металла могут активные формы кислорода (АФК), прежде всего супероксидный анион – радикал. Пути образования последнего в эукариотических клетках достаточно известны.

В настоящей работе изучена возможность участия АФК в коррозионном разрушении цинка под воздействием бактерий *Echerichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*. Было установлено, что в процессе жизнедеятельности бактерий в оптимальных условиях при культивировании на жидкой питательной среде (мясо-пептонный бульон) активно образуется прежде всего  $O_2^-$ , продукт взаимодействия которого со специфическим для него реагентом хлоридом нитросинего тетразолия (НСТ) регистрировался спектрофотометрически в области поглощения 530–550 нм. В контрольном опыте с добавлением в систему 0,15 мл супероксиддисмутазы (15 ед. активности) восстановление НСТ до формазана с характерной полосой поглощения наблюдали спустя более длительное время с начала экспозиции после инактивирования фермента.

Для исследования развития коррозионного процесса цинка на начальном этапе на суточную культуру бактерий помещали подготовленные образцы цинка. Засев на плотную питательную среду осуществляли водной суспензией суточных культур бактерий, выращенных в пробирках на скошенном агаре. Инкубация проводилась в термостате при температуре  $(37 \pm 2)$  °С и влажности 90%.

Было установлено, что динамика изменения состояния поверхности цинка под воздействием бактерий в течение семи суток с начала экспозиции имеет аналогию с микроскопической коррозией. В частности, наблюдается образование на поверхности металла жидкого экссудата с основными свойствами (рН 8-10). Хотя этот признак не столь ярко выражен, как при воздействии микроскопических грибов, можно предположить, что коррозионная активность бактерий, как и микромицетов, определяется их способностью генерировать АФК.

УДК 661.12

А.Е. МАКАРОВА, О.В.КУЗИНА

### **ОТРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «ЭСЛИДИН®», КАПСУЛЫ»**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, за последние 20 лет во всем мире наметилась отчетливая тенденция к росту числа заболеваний печени, каждое из которых сопровождается повреждением печеночных мембран. Поэтому восстановление их целостности, помимо устранения причин, приведших к заболеванию, является основной предпосылкой к выздоровлению. Основными помощниками в нелегкой борьбе за восстановление печени признаны гепатопротекторы. Это различные биологически активные вещества, которые главным образом защищают мембраны гепатоцитов, нормализуют или усиливают их ферментативную активность, что, в конечном счете, приводит к улучшению метаболизма и функции клеток печени. Иногда собственных гепатопротекторов бывает недостаточно для работы печени. Поэтому создаются специальные фармакологические препараты, обладающие гепатопротекторной активностью, которые в настоящее время составляют около 11-13% среди всех лекарственных препаратов.

«Эслидин®» капсулы относятся к многочисленному ряду лекарственных препаратов, на которые был получен патент. Это рецептурный препарат в форме капсул не имеет аналогов на российском фармрынке, благодаря своему комбинированному составу. Активными

компонентами препарата являются эссенциальные фосфолипиды и метионин, который усиливает их действие. Эссенциальные фосфолипиды – это незаменимые факторы для развития и функционирования клеток печени. Попадая в организм, они восстанавливают целостность мембран пораженных клеток печени и активируют расположенные в мембране фосфолипид-зависимые ферменты. Метионин – это незаменимая аминокислота, необходимая для синтеза холина, который способствует удалению излишнего количества свободных жирных кислот из гепатоцита. Увеличение содержания холина способствует увеличению синтеза внутренних фосфолипидов. Метионин и эссенциальные фосфолипиды усиливают действие друг друга, являясь источником внутренних и поступающих в организм фосфолипидов, улучшают функциональное состояние клеток печени и оказывают защитный, гепатопротекторный эффект. Прежде, чем «Эслидин®» был запущен в промышленное производство, он проходил строгий контроль по качественным и количественным показателям в соответствии с утвержденной на него нормативной документацией.

Целью настоящей работы явилась отработка методов контроля подлинности и количественного содержания активных компонентов в наработанных сериях препарата «Эслидин®»:

1) подлинность – метод ТСХ (тонкослойной хроматографии) на облучателе хроматографическом УФС-254/365, предназначенном для обнаружения нанесенных на специальные пластины различных химических веществ (лекарственных препаратов, микотоксинов, пестицидов, наркотиков и т.д.);

2) количественное содержание активных компонентов:

- полиненасыщенные фосфолипиды из соевого лецитина (фракция PPL) – спектрофотометрический метод на спектрофотометре фирмы LAMBDA, предназначенный для лабораторий контроля качества фармацевтических предприятий;
- метионин – титриметрический метод.

В результате проведенной работы было выявлено, что одна из серий препарата не проходит контроль качества и, следовательно, бракуется. Показатели остальных находились в пределах допустимых значений.

УДК 579.66

Е.А. КОПЧЕНКОВА, О.В. КУЗИНА

## **ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГРИБА ASPERGILLUS NIGER**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема загрязнения биосферы тяжелыми металлами в настоящее время особенно значима. Тяжелые металлы являются распространенными компонентами выбросов транспорта и многих предприятий различных отраслей промышленности. В связи с этим, решение задач очистки природных и техногенных объектов от загрязнений тяжелыми металлами является очень актуальным. Острота проблемы состоит в том, что тяжелые металлы не разлагаются, а в результате интенсивной деятельности человека постоянно накапливаются в природных экосистемах. В увеличивающихся масштабах они включаются в биологический круговорот веществ и, в конечном счете, оказывают самое негативное влияние на здоровье человека. Все это осложняется тем, что многие тяжелые металлы опасны даже в очень низких концентрациях, составляющих миллиграммы или их доли на килограмм пищевых продуктов или воды.

Известно, что способность концентрировать химические элементы свойственна всем живым организмам. Установлено, что микроорганизмы могут использовать металлы в качестве источников микроэлементов, энергии или акцепторов электронов. Однако известно и

обратное: токсическое воздействие металлов на клетки имеет важное значение для выявления механизмов адаптации микроорганизмов к экстремальным условиям существования.

Целью работы являлось определение влияния тяжелых металлов на онтогенез гриба *Aspergillus niger* как одного из наиболее устойчивых к металлам микромицетов. Изучено влияние металлов на прорастание спор и рост колоний. Металлы вносили в виде растворов солей  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{PbCl}_2$  с концентрацией 0,005, 0,01, 0,05 и 0,5 М. Культивирование проводили на твердой питательной среде Чапека-Докса в термостате при  $28 \pm 2$  °С, наблюдения проводили каждые 24 часа в течение 5 дней.

В результате проведенных исследований установлено, что уже при концентрации 0,01 М никеля, меди, кадмия проявилось незначительное ингибирование прорастания спор гриба *A. niger*. Увеличение концентрации данных металлов негативно повлияло на прорастание спор, что проявилось в увеличении зоны ингибирования с 20 при 0,01 концентрации до 28 мм при 0,05 М и 60 мм при 0,5 М концентрации никеля, меди, кадмия на третьи сутки культивирования.

Внесение солей железа, серебра, цинка, кобальта в концентрации 0,005 и 0,01 М не оказало влияния на рост гриба. Ингибирующий эффект наблюдался лишь при концентрации 0,05 М для кобальта и цинка и при 0,5 М – для серебра и железа.

Свинец в низких концентрациях (0,005 и 0,01 М) оказал стимулирующее влияние на прорастание спор, по сравнению с контролем, и лишь при концентрации 0,5 М проявлялся ингибирующий эффект на третьи сутки культивирования.

Определение скорости роста колоний проводили при одинаковой концентрации металлов в среде 0,05 М на пятые сутки культивирования. Показано, что все исследуемые металлы оказывают ингибирующий эффект на радиальный рост гриба. Однако добавление никеля, кобальта, железа в питательную среду незначительно повлияло на рост колоний, по сравнению с контролем (средний диаметр колоний 40 мм и 54 мм соответственно). Цинк и медь оказали более сильный эффект (средний диаметр колоний 30 мм), при этом внешний вид культуры не отличался от контроля.

Результаты исследований показали, что наибольший ингибирующий эффект проявляется при выращивании гриба *A. niger* на средах, содержащих сульфат кадмия и нитрат свинца в концентрации 0,05 М, при этом средний диаметр колоний не превышал 10 мм.

УДК 541.136

А.И. АНДРУХИВ, А.А. БАЧАЕВ, Д.В. БАНДУРКИН

### **О ПРИЧИНАХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЩЕЛОЧНЫХ ИСТОЧНИКАХ ТОКА С ЦИНКОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

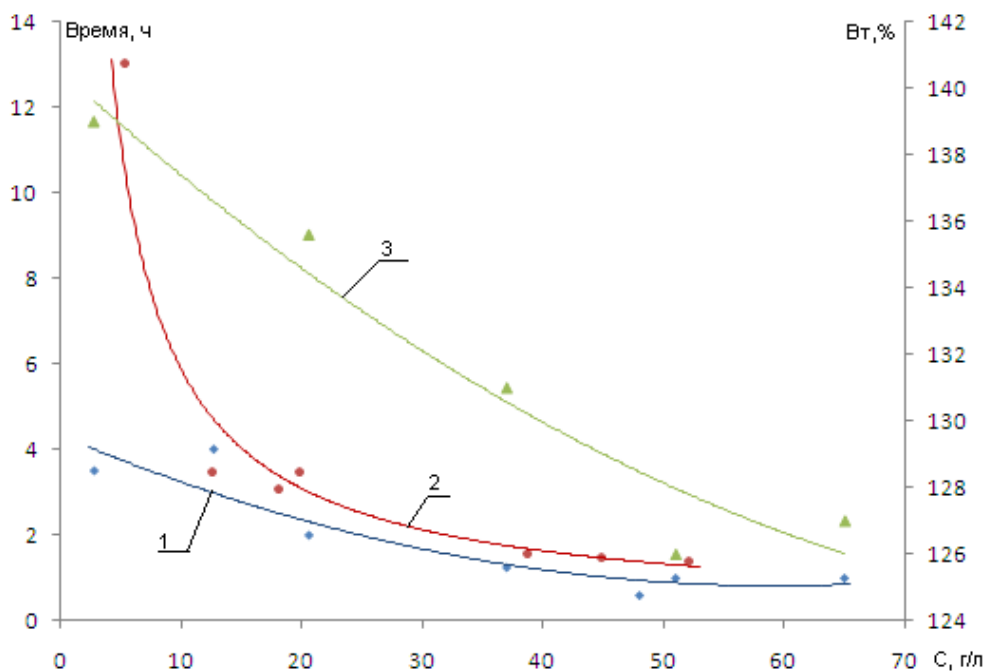
Одна из основных причин ограниченного срока службы щелочно-цинковых систем аккумуляторов – короткие замыкания из-за прорастания сепарационной пленки дендритами цинка. Образование и направленный рост дендритов преимущественно наблюдается в конце заряда, когда в катодном процессе в основном участвуют цинкаты ионы из электролита, находящегося не только вне объема пор цинкового электрода, но и за пределами сепарации. Наличие сепарационного барьера еще больше затрудняет доставку разряжающихся ионов, способствуя росту дендритов от поверхности цинкового электрода через сепарацию к положительному электроду.

Авторами предполагается следующий механизм образования дендритообразных кристаллов цинка. В ходе анодного процесса (разряда) возможно образование соединений одновалентного цинка, чему способствуют низкие истинные плотности тока и высокие концентрации щелочи, используемой в источниках тока. Малостабильные ионы  $\text{Zn}^+$  в связи с невысокой кон-

центрацией в растворе при заряде либо могут восстанавливаться на предельном токе, либо в результате реакции их диспропорционирования образуется металлический цинк, который будет являться центром беспорядочного роста кристаллов и участвовать в нем.

Наличие иной природы соединений цинка в растворе и другие возможности для их диффузии через сепарацию предполагает и разные возможности для коротких замыканий. Влияние природы цинкатного раствора в работе изучалось путем сравнения возможностей коротких замыканий в цинкатных растворах, приготовленных растворением ZnO в растворе щелочи, что практически исключает появление  $Zn^{+}$ , и путем электрохимического растворения цинка металлического.

В последнем случае предполагается наличие  $Zn^{+}$ . Для изучения использовалась ячейка, моделирующая условия зарядного процесса в аккумуляторе. Ячейка позволяет определить момент наступления короткого замыкания вследствие проникновения цинковых дендритов сквозь гидратцеллюлозную пленку в анодное пространство по резкому смещению потенциала незаполяризованной никелевой сетки в сторону потенциала цинкового электрода. Электролит – раствор с концентрацией цинка от 3 до 65 г/л – готовился химическим растворением оксида цинка в 7 М КОН или анодным растворением цинка при плотностях тока 0,1-0,2 А/дм<sup>2</sup>. Катод – монокристаллический цинковый электрод – заворачивает в один слой гидратцеллюлозной пленки, которая выдерживается в течение пяти-десяти минут в цинкатном растворе, анод – разряженный оксидоникелевый электрод. Геометрическая катодная плотность тока – 2,1 А/дм<sup>2</sup>. Потенциалы цинкового катода и никелевой сетки определялись по цинковому электроду сравнения.



**Рис. 1. Зависимость времени прораствания цинковых дендритов от концентрации цинкатного раствора:**

1 – полученный анодным растворением цинка; 2 – химически приготовленный; 3 – зависимость анодного выхода по току от концентрации получаемого цинкатного раствора

Согласно полученным результатам (рис. 1), время прораствания цинковых дендритов в электрохимически приготовленных растворах меньше, чем в химически приготовленных, что подтверждает предположение авторов. Эта разница с увеличением концентрации цинката существенно сокращается, что может быть связано с временем наработки электрохимически приготовленных растворов. При получении растворов высокой концентрации время наработки значительно увеличивается, а время жизни одновалентных ионов цинка невелико,

и за это время они либо распадаются, либо окисляются кислородом воздуха. Кроме этого, с увеличением концентрации цинката сокращается количество свободной щелочи, и ионам цинка сложнее выйти с поверхности электрода, особенно одновалентным, обладающим избытком энергии. Это подтверждается уменьшением выхода по току с увеличением концентрации по ионам цинка в полученном растворе (рис. 1).

Следует отметить внешний вид цинкового электрода при возникновении короткого замыкания. В химически приготовленных растворах дендриты растут в основном по краям электрода. Совершенно другой характер поверхности наблюдается в опытах с электрохимически приготовленными растворами. Дендриты прорастают по всей поверхности электрода, по бокам их практически нет, и чем ближе к нижнему краю электрода, тем их больше. Это может быть связано с тем, что в верхней части раствора легче доступ кислорода, который окисляет одновалентный цинк до двухвалентного состояния, тем самым повышает концентрацию двухвалентного цинка и снижает содержание одновалентного цинка.

УДК 621.793.3

А.В. ИСАЕВ, Н.Н. ЛЯМИНА, М.Г. МИХАЛЕНКО, В.В. ИСАЕВ

## **ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК НА ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ НИКЕЛЯ ИЗ СУЛЬФАМАТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НИКЕЛИРОВАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
ФГУП ФНЦП НИИИС им. Ю.Е. Седакова

Сульфаматные электролиты никелирования находят широкое применение в гальванопластике, что обусловлено возможностью получения осадков никеля с более низкими внутренними напряжениями и применением более высокой катодной плотности тока, по сравнению с сульфатными. К полученным в гальванопластике гальваническим осадкам никеля предъявляются определённые требования. Осадки никеля по возможности должны быть более пластичными и обладать как можно меньшими внутренними напряжениями. Твёрдость осадков никеля должна быть достаточно высокой.

Наиболее важными из всех физико-механических свойств никелевых осадков является наличие в них внутренних напряжений. Появление внутренних напряжений может приводить к тому, что изготовленное никелевое изделие в процессе эксплуатации может выходить из строя за счёт появления на них трещин и разрушения никелевой основы. Для уменьшения внутренних напряжений в никелевых осадках в электролит никелирования добавляют серосодержащие соединения. Авторами предложено в сульфаматный электролит никелирования основного состава вводить две серосодержащие добавки. Одна добавка – сульфосалициловая кислота, дающая внутреннее напряжение растяжения до 60 МПа, вторая – сахарин, дающая внутреннее напряжение сжатия до 20 МПа. Так как вводимые добавки дают внутренние напряжения разных знаков, то комбинированная добавка может устранить внутреннее напряжение, и гальванические осадки будут ненапряжёнными.

При планировании эксперимента были выбраны оптимальные плотности катодного тока 7–8 А/дм<sup>2</sup>, в электролит никелирования основного состава (г/л): сульфамат никеля – 400, борная кислота – 30, хлорид никеля – 15; вводятся добавки сахарин 0,7–1,2, сульфосалициловая кислота 5–8, температура процесса 40 °С.

Установлено, что сахарин на катоде восстанавливается с образованием бензилового спирта. Предложена эквивалентная электрическая схема границы никелевый катод – электролит, включающая сопротивление электролита, ёмкость двойного электрического слоя, сопротивления разряда ионов никеля и водорода, а также импеданс Варбурга, характеризующий диффузионные затруднения, обусловленные затруднённым отводом ионов Ni<sup>+</sup> от катодной поверхности.

В электролите с серосодержащими добавками возрастает как сопротивление разряда ионов никеля, так и сопротивление разряда ионов водорода. Это обусловлено затруднением протекания обоих процессов вследствие адсорбции органических веществ, поскольку адсорбированные молекулы веществ и образующиеся сульфиды никеля затрудняют протекание обоих процессов. Диффузионные затруднения также возрастают. Повышение затруднений на стадии присоединения электрона и диффузии приводит к росту катодной поляризации при электроосаждении никеля и, как следствие этого, – к росту рассеивающей способности электролита и, следовательно, к получению более равномерных по толщине осадков никеля.

УДК 541.136

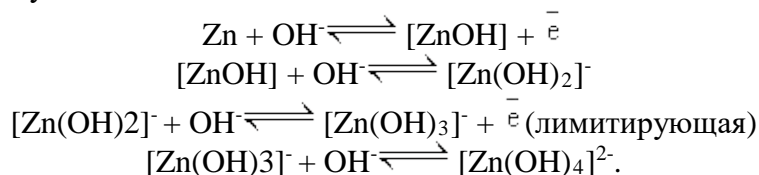
Д.В. БАНДУРКИН, А.И. АНДРУХИВ, А.А. БАЧАЕВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ СИЛИКАТ-ИОНОВ НА РАЗЛОЖЕНИЕ ЦИНКАТНЫХ РАСТВОРОВ

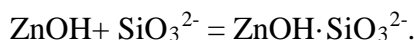
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одной из причин разложения цинкатных растворов, наблюдаемых в соответствующих источниках тока, может являться наличие малостабильных одновалентных соединений цинка. Стабилизация цинкатных растворов достигается в присутствии некоторых добавок, таких как силикаты, сульфиды, ионы лития, но принцип их действия до конца не изучен. В работе просчитывается возможность влияния силикат-иона на стабильность одновалентного состояния цинка.

Получение цинкатного раствора путем растворения цинкового электрода в щелочи включает в себя следующие стадии:



Из механизма анодного растворения цинка в щелочи следует, что первой стадией является адсорбция гидроксид-иона на поверхности электрода и отдача электрона с образованием соединения одновалентного цинка. Далее  $\text{ZnOH}$  может взаимодействовать с гидроксил-ионом  $\text{ZnOH} + \text{OH}^- = \text{Zn}[\text{OH}]_2^-$ . Образовавшиеся ионы могут накапливаться в приэлектродном пространстве и диффундировать в объем раствора. В присутствии  $\text{SiO}_3^{2-}$  в растворе возможно взаимодействие



С помощью квантово-механического расчета выявлялся наиболее вероятный путь процесса в присутствии силикат-иона. В ходе вычислений учитывалась гидратация гидроксил-иона. В концентрированных растворах электролитов, используемых в аккумуляторах, соотношение гидроксил-иона и воды составляет 1:7 в 7М КОН и 1:4,5 в 10М КОН. Была принята структура, в которой четыре молекулы воды образуют водородные связи с атомом кислорода гидроксил-иона. Влияние гидратации учитывалось с помощью метода эффективного потенциала фрагментов. Результаты расчета представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Значения энергий высших занятых молекулярных орбиталей (ВЗМО)  
для возможных продуктов взаимодействия**

состояние	Энергия ВЗМО, эВ				
	ZnOH	Zn[OH] <sub>2</sub> <sup>-</sup>	ZnOH·SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	OH <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup> ·4H <sub>2</sub> O
gas	-8.1	1.1	2.2	-1.0	-6.8
sol(iefpcm)	-5.0	-2.4	-3.6	-8.9	-10.5

Судя по энергии ВЗМО можно сказать, что образование  $\text{ZnOH}\cdot\text{SiO}_3^{2-}$  энергетически более выгодно, чем образование  $\text{Zn}[\text{OH}]_2^-$ . Для возможных путей процесса также рассчитаны изменения термодинамических функций (табл. 2).

Таблица 2

Изменение термодинамических функций для возможных процессов

Стадия	Реакция	$\Delta G$ , кДж/моль	$\Delta E_{\text{хартри}}$ , кДж/моль
1	$\text{Zn}^+ + \text{OH}^- = \text{ZnOH}$	-165	-134.5
	$\text{Zn}^+ + \text{SiO}_3^{2-} = \text{ZnSiO}_3^-$	-82.5	-47.4
2	$\text{ZnOH} + \text{OH}^- + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Zn}[\text{OH}]_2^- + 4\text{H}_2\text{O}$	-6.1	95.3
	$\text{ZnOH} + \text{SiO}_3^{2-} = \text{ZnOH}\cdot\text{SiO}_3^{2-}$	-11.8	-25.1

Таким образом, на первой стадии энергетически более выгодно образование  $\text{ZnOH}$ , что согласуется с вышеописанным механизмом растворения цинка. На второй стадии более выгодным является образование  $\text{ZnOH}\cdot\text{SiO}_3^{2-}$ .

Квантово-механический подход позволяет объяснить причины повышенной стабильности цинкатных электролитов в присутствии силикат-иона. Было показано, что в щелочных электролитах в присутствии  $\text{SiO}_3^{2-}$  ионов при растворении цинкового электрода образуется комплекс  $\text{ZnOH}\cdot\text{SiO}_3^{2-}$  обладающий повышенной стабильностью, по сравнению с  $\text{Zn}[\text{OH}]_2^-$ .

УДК 539.2

Е.В. БЕРЕЗИН, А.Ю. АЗОВ

**ЭФФЕКТ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ В КРЕМНИИ ПРИ ФОТОННОМ ОБЛУЧЕНИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В научных кругах давно сложилось мнение, что изменения свойств материалов в процессе ионной имплантации происходят в пределах глубины проникновения внедренных ионов. На самом же деле изменения в материале происходят на глубинах, на порядки превышающие пробеги ионов. Эти изменения затрагивают как электрофизические, механические свойства, так и перераспределение концентрации примесей в материале. При современном темпе снижения размеров элементов электронных схем данные изменения начинают играть заметную роль, поэтому для их учета и прогнозирования параметров материалов, подвергающихся воздействию, необходимо знать механизм этих изменений. Изменение свойств в материалах на глубинах, превышающих глубину воздействия, носит название «эффект дальнего действия» (ЭД).

Большой интерес как с научной, так и с практической точки зрения имеет малодозный эффект дальнего действия (ЭД при *слабых* воздействиях). С одной стороны, он расширяет возможности ионной имплантации, а также появляются новые способы воздействия на материал, требующие минимального количества затрат (некогерентное излучение). С другой стороны расширяет представления о физике *слабых* воздействий на неравновесные системы и физике твердого тела. Малодозный эффект дальнего действия (МЭД) обладает существенным преимуществом – низкодозная имплантация не вызывает заметной эрозии поверхности материала в отличие от высокодозной, существенно меньше затраты времени и электроэнергии на облучение.

С практической точки зрения ЭД нашел свое применение в такой операции микроэлектроники, как геттерирование. Еще одним из перспективных применений ЭД в микроэлектронике является формирование скрытых слоев нитрида кремния. Существует возможность с помощью ЭД управлять перераспределением примеси в материалах. Данное

явление может быть использовано для формирования мелких *p-n*-переходов, что весьма актуально в настоящее время.

Объектом исследования данной работы являются кристаллический кремний и гетерогенные системы типа  $Me_xSi_y$ . Данные материалы – основа современной микроэлектронной промышленности. Основным методом исследования ЭД в кремнии является метод микротвердости, также используется метод измерения поверхностной проводимости с помощью четырехзондового метода.

Цель данной работы – исследование проявлений ЭД при фотонном облучении и воздействии ультразвука на образец и экспериментальная проверка модели ЭД, в которой предполагается, что изменения на больших глубинах происходят за счет образования и распространения в материале ультразвуковых волн.

В ходе данной работы были получены зависимости изменения микротвердости от дозы облучения, изучено влияние состава излучения на изменение микротвердости кремния, исследована релаксация эффекта после облучения. Исследованы образцы, облученные аргоном с различной дозой облучения. Также были проведены опыты по изучению «отжига» эффекта излучением различного спектрального состава.

УДК 541.17

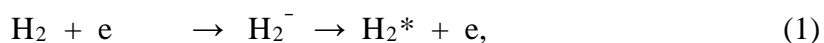
А.В. ВОРОТЫНЦЕВ

### **КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ГИДРИРОВАНИЯ ТЕТРАХЛОРИДА КРЕМНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Исследованию реакций гидрирования тетрахлорида кремния уделялось значительное внимание в связи с ее большой значимостью в технологическом цикле производства полупроводникового кремния.

Перспективным методом гидрирования  $SiCl_4$  считается плазмохимическое гидрирование в водородной плазме высокого давления (до  $1.3 \cdot 10^4$  Па). Высокий выход  $SiH_3Cl$  при давлении выше  $0.91 \cdot 10^4$  Па позволяет предположить, что механизм образования  $SiH_3Cl$  происходит с участием колебательно возбужденных молекул водорода  $H_2^*$ :



Проведено исследование механизма реакции  $SiH_3 + Cl$ ; показано, что данная реакция преимущественно протекает по механизму прямого отщепления с образованием триплетного силилена, т.е.



В ходе такого взаимодействия может также образоваться колебательно-возбужденная молекула  $SiH_3Cl$  [2]:



На данный момент квантово-химические расчеты зарекомендовали себя в качестве надежного метода изучения механизмов реакций органических веществ. Также методы квантовой химии применяются для изучения механизмов реакций в кремний-органической химии. На данный момент изучение гидрирования  $SiCl_4$  достаточно актуально, однако механизм этого процесса недостаточно изучен.



Прежде всего определялись активационные параметры гидрирования хлорсиланов молекулярным водородом. В частности, были рассчитаны структуры переходных состояний и активационные параметры для следующих реакций (табл. 1).

Таблица 1

Реакция	энергия активации, ккал/моль
$\text{SiCl}_4 + \text{H}\cdot \rightarrow \cdot\text{SiCl}_3 + \text{HCl}$	9.60
$\cdot\text{SiCl}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{SiCl}_4 + \text{H}\cdot$	9.65
$\text{HSiCl}_3 + \text{H}\cdot \rightarrow \cdot\text{HSiCl}_2 + \text{HCl}$	10.45
$\cdot\text{HSiCl}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{HSiCl}_3 + \text{H}\cdot$	9.71
$\text{H}_2\text{SiCl}_2 + \text{H}\cdot \rightarrow \cdot\text{H}_2\text{SiCl} + \text{HCl}$	10.72
$\cdot\text{H}_2\text{SiCl} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{SiCl}_2 + \text{H}\cdot$	8.18
$\text{H}_3\text{SiCl} + \text{H}\cdot \rightarrow \cdot\text{H}_3\text{Si} + \text{HCl}$	10.31
$\cdot\text{H}_3\text{Si} + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{SiCl} + \text{H}\cdot$	8.10

Таким образом, при повышенной температуре реализуется главным образом реакция восстановления тетрахлорида кремния молекулярным водородом. Однако энергии других реакций восстановления близки, поэтому они, а также обратные им реакции, могут принимать активное участие в термоллизе  $\text{SiCl}_4$  в присутствии  $\text{H}_2$ .

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант № 09-03-97028-р\_поволжье-а.*

УДК 541.13

М.С. ГАЛКИН, В.М. ВОРОТЫНЦЕВ

## МЕХАНИЗМ КАТОДНОЙ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ МОНОГЕРМАНА В СИЛЬНОЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ ДИОКСИДА ГЕРМАНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Высокоочищенный моногерман ( $\text{GeH}_4$ ) широко применяется при производстве полупроводниковых материалов для микро- и нанoeлектроники. При разложении высокоочищенного моногермана можно получить моно- и поликристаллический германий с минимальным содержанием лимитируемых микропримесей, пригодный для изготовления высокочувствительных тензодатчиков, детекторов ионизирующих излучений высокого энергетического разрешения, для получения SiGe эпитаксиальных структур.

Современные требования по чистоте и количеству моногерман постоянно увеличиваются, и традиционный химический метод его синтеза с большим количеством отходов не удовлетворяет этим требованиям. Актуальными являются разработка и внедрение нового способа производства моногермана – электрохимического, преимущества которого – безотходность и отсутствие загрязняющего действия восстановителя.

Образование моногермана происходит на катоде в сильнощелочных растворах диоксида германия, при высоких плотностях тока. Электрохимическая реакция является многостадийной. Выход по току моногермана колеблется от 7 до 40%. Для повышения производительности метода необходимо определить механизм катодной реакции образования моногермана. Различие предложенных механизмов заключаются в вероятности участия элементарного водорода и германия в процессе глубокого восстановления аниона германия.

Для выяснения достоверности предложенных механизмов были проведены квантохимические расчёты с использованием программы Gaussian 03W. В ходе работы определены все геометрические параметры представленных соединений. Исходные вещества, продукты и промежуточные соединения были оптимизированы с помощью базисов и методов.

Для определения скорости протекания промежуточных стадий процесса глубокого восстановления аниона германия были определены их энергии активации. Для каждой стадии процесса катодного восстановления аниона германия также были определены термодинамические параметры (общая энергия системы, энтальпия реакции и энергия Гиббса реакции) и их зависимости от температуры и давления. Это позволило установить возможность протекания той или иной стадии в зависимости от условий проведения процесса электролиза, устойчивость переходных соединений и замедленные стадии процесса восстановления аниона германия.

УДК 621.38+539.2

Т.К. ЕГОРОВА, В.Ю. ВОДЗИНСКИЙ, А.В. МУРЕЛЬ

### **НИЗКОБАРЬЕРНЫЕ ДИОДЫ ШОТТКИ В КАЧЕСТВЕ ДЕТЕКТОРОВ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Институт физики микроструктур РАН

Интерес к видению различных объектов в миллиметровом диапазоне длин волн в последнее время существенно возрос. Это связано с потенциально широкими возможностями метода в системах автоматического контроля, сканирующих охранных камерах и в медицине. Диод с барьером Шоттки является одним из основных чувствительных нелинейных элементов, используемых при приёме микроволнового излучения. Однако для обеспечения высокой чувствительности необходимо уменьшить высоту барьера диода Шоттки и тем самым получить детектор сигналов, работающий при нулевом смещении. Возможность работы без напряжения смещения упрощает конструкцию матрицы детекторов и приводит к снижению уровня шумов.

Наиболее простым способом снижения эффективной высоты барьера диодов Шоттки является обеспечение высокой туннельной прозрачности вблизи вершины потенциального барьера, что достигается либо за счет сильного легирования полупроводника вблизи контакта с металлом, либо применением узкозонных полупроводников, либо химической или плазменной обработкой поверхности, либо введением в приповерхностную область дельта-слоя ( $\delta$ -слоя). По ряду причин последний способ обладает рядом преимуществ и был использован в данной работе.

Рост эпитаксиальных слоёв GaAs, содержащих  $\delta$ -слой, и осаждение металлических плёнок Al для формирования барьерного контакта осуществлялись в установке металлоорганической газофазной эпитаксии (МОГФЭ) при пониженном давлении в реакторе (0,1 бар). На подложку  $n^+$ -GaAs с концентрацией носителей  $3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  наращивается слой n-GaAs толщиной 60-150 нм с концентрацией  $1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ , содержащий на границе с барьерным металлом дельта-слой кремния  $\sim 10^{13} \text{ см}^{-2}$ .

Процедуры определения параметров, необходимые для расчета и оптимизации детектора, применяемые для диодов с большой высотой барьера (0,7–1 эВ), не годятся для низкобарьерных диодов. Для данного случая была использована методика, основанная на анализе дифференциального сопротивления от напряжения смещения, рассчитанного из ВАХ-диодов. Приведенные расчеты показали, что при наличии  $\delta$ -слоя, находящегося на туннельно-прозрачном расстоянии  $\sim 40 \text{ \AA}$  от границы раздела металл-полупроводник, наблюдалось эффективное снижение высоты барьера до значения 0,3–0,4 эВ, в отличие от 0,7 эВ для образцов без  $\delta$ -легированного слоя. Однако одновременно с этим произошло увеличение коэффициента неидеальности до значений 1,8–2,2, по сравнению с 1,15–1,35 для образцов без  $\delta$ -слоя.

На базе этих структур были изготовлены планарные диоды с площадью анода 8–12мкм<sup>2</sup>. Измерения характеристик детекторов проводились на специализированном стенде на частоте 94 ГГц. Изучались как детекторы с низкобарьерным диодом, так и детекторы той же топологии, но с диодом с обычной высотой барьера. Значения вольт-ваттной, ампер-ваттной чувствительности и эквивалентная шумовая мощность у диодов обоих типов оказались сравнимыми. Однако для низкобарьерных диодов эти характеристики достигались при нулевом электрическом смещении.

Таким образом, экспериментальные данные по детектированию соответствуют или превосходят известные результаты для диодов, изготовленных другими методами.

# ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

---

УДК 621.3

А.Е. АНИСИМОВ

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДАТЧИКОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В работе выполнен анализ современных датчиков, которые используются в пищевой промышленности.

В настоящее время в пищевой промышленности используются самые разные датчики: датчики температуры, оптические датчики, датчики давления, датчики расхода, уровня, датчики анализа (жидкости, газа или пара), датчики расстояния, наличия предметов, датчики положения и ориентации.

*Датчики температуры* – один из самых распространенных типов датчиков. Используемые в промышленности датчики температуры можно разделить по типу измерения на контактные и бесконтактные датчики температуры.

Бесконтактные датчики используют принцип измерения мощности инфракрасного излучения, идущего от каждого объекта, будь то расплавленный металл или кусок льда. Инфракрасное излучение с длиной волны 3–14 мкм от измеряемого объекта попадает на чувствительный элемент бесконтактного датчика температуры и преобразуется в электрический сигнал, который затем усиливается, нормируется, а в новых моделях датчиков и оцифровывается для передачи по сети.

Контактные датчики температуры – это прежде всего термопары и термосопротивления. Основными преимуществами данного типа датчиков являются высокая точность измерения и их относительная дешевизна.

В пищевой промышленности часто возникает необходимость измерения и контроля расхода в системах дозирования, смешивания, учета продукции. Здесь на помощь приходят большое количество различных приборов учета расхода жидкостей – расходомеров, ротаметров, датчиков и реле потока, основное отличие которых – минимально возможное загрязнение продукта.

Кориолисовы расходомеры могут работать как с жидкостями, так и с газами, и обеспечивают очень высокую точность измерений. Основной недостаток данных приборов – высокая стоимость.

Электромагнитными расходомерами невозможно измерить расход непроводящих жидкостей, например нефтепродуктов, однако эти приборы хорошо подходят для измерения расхода вязких жидкостей или даже пастообразных веществ, например, йогурта или творога в пищевой промышленности.

Также в пищевой промышленности применяют ультразвуковые, вихревые и тепловые расходомеры.

*Датчики расстояния, положения и наличия* занимают центральное место в автоматизированных сборочных производствах, линиях по розливу и упаковке продуктов, то есть там, где необходимо определить наличие объекта или расстояние до него. Конкретный тип датчиков выбирается в зависимости от требований.

Например, если необходимо определить положение металлических объектов, то выбирают индуктивный датчик. При необходимости определять положение немаetalлических предметов выбираются емкостные, ультразвуковые или фотоэлектрические датчики.

Решая задачу автоматизации процессов и производств в пищевой промышленности, необходимо помнить, что в любом производстве необходимо поддержание чистоты, а в пищевой промышленности это просто необходимо. Нужно подбирать такие датчики, которые можно легко разобрать, почистить, а затем собрать и опять включить в работу.

УДК 621.3

Н.И. БАРАНОВА

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДАТЧИКОВ ПРОВОДИМОСТИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

В работе выполнен анализ датчиков проводимости фирмы Endress+Hauser, применяемых в пищевой промышленности.

Одно из важнейших применений датчиков проводимости Endress+Hauser – контроль раздела фаз в трубопроводах: проводимость молока, молочных продуктов или пива значительно отличается от проводимости питьевой воды, делая возможным быстрое и надежное разделение продуктов. Пользователь получает реальную экономию на снижении отходов производства. Принцип действия данного датчика основан на законе магнитной индукции Фарадея. При прохождении электрического тока через катушку вокруг нее генерируется магнитное поле и во второй катушке, размещённой рядом, наводится ЭДС. Величина ЭДС второй катушки прямо пропорциональна электрическому сопротивлению жидкости.

### **Датчик InduMax H CLS 52**

Ячейка CLS 52 разработана специально для применений в пищевой и фармацевтической промышленности. Ячейка выполняется из высокоустойчивой пластмассы (РЕЕК), отвечающей самым высоким гигиеническим требованиям.

Область применения: контроль концентраций кислот / щелочей, раздел фаз продукт/вода или продукт/смесь продуктов в трубопроводах, мониторинг производимого продукта в пивоварении, производстве напитков и переработке молока, система управления СІР.

Особенности и преимущества:

- из-за индуктивного принципа измерения нечувствителен к загрязнению и поляризации;
- из-за отсутствия щелей в соединительных элементах пригоден для измерения пищевых продуктов;
- гидродинамическая конструкция гарантирует низкое сопротивление потоку;
- обслуживание без контакта с измеряемой средой;
- возможно исполнение с малым временем реагирования на изменение температуры ( $t_{90} < 5$  с);
- легкая установка благодаря стандартным подключениям в процесс.

### **Датчик InduMax H CLS 54**

Индуктивный датчик проводимости гигиенической конструкции предназначен для применений в пищевой промышленности, пивоварении, фармацевтике и биотехнологиях.

Датчик проводимости CLS54 специально предназначен для использования в гигиенических применениях при производстве пищевых продуктов, в пивоварении, фармацевтических отраслях промышленности и биотехнологиях. Благодаря корпусу из пищевого РЕЕК, с конструкцией без щелей и соединений, с гигиеническими сертификатами, он выполняет жесткие требования для этих отраслей промышленности.

Область применения:

- контроль в линиях возврата в СІР системах;
- контроль концентрации моющих средств в СІР системах;
- контроль продукции в трубопроводах, разливных установок для бутылок, проверки качества;
- контроль утечек в следующих отраслях промышленности.

Датчик может использоваться в комплекте с преобразователями Liquiline M CM42, Lquisys M CLM223/253 и Musom S CLM153 как часть измерительной системы Smartec S CLD134 и совместим с электрониками преобразователя Smartec S CLD132.

УДК 621.3

А.В. ДАВЫДОВА

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ SITRANS P**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

### ***Серия Z для избыточного и абсолютного давления***

Преобразователь давления SITRANS P, серия Z (7MF1564-...) измеряет относительное и абсолютное давление, а также уровень жидкостей и газов.

*Преимущества:* высокая точность измерения; прочный корпус из нержавеющей стали; для агрессивных и неагрессивных измеряемых веществ; для измерения давления жидкостей, газов и пара; измерительная ячейка с температурной компенсацией; компактная конструкция

*Сфера применения:* химия, фармацевтика, пищевая промышленность, машиностроение; кораблестроение, водоснабжение.

*Функции:* преобразователь давления измеряет относительное и абсолютное давление, а также уровень жидкостей и газов.

### ***Серия ZD для избыточного и абсолютного давления***

Измерительный преобразователь давления SITRANS P, серии ZD служит для измерения избыточного давления и абсолютного давления или измерения уровня жидкостей и газов.

Он используется для индикации и контроля измеренного давления на месте установки. Измерительный преобразователь давления ZD поставляется в осевом и радиальном исполнении.

*Преимущества:* прочный корпус из нержавеющей стали с двумя вариантами подключения; встроенный дисплей с сигнализацией состояния; тонкопленочная измерительная ячейка с керамической мембраной; двухпроводная система, 4 ... 20 мА; параметрирование с помощью клавиш под крышкой корпуса; регулировка диапазона измерения 1:5 (max. 1:10); точность измерения < 0,25 % (типично).

*Сфера применения:* химия, машиностроение, пищевая промышленность, фармацевтика, кораблестроение, водоснабжение.

*Функции:* измерительный преобразователь давления ZD оборудован 5-позиционным дисплеем за стеклянной крышкой. На дисплее индицируется следующая информация: измеренное давление, единица измерения давления (предустановка: бар); положитель-

ное/отрицательное превышение предельного значения, сигнализация через красный СИД и стрелочные символы на дисплее.

#### ***SITRANS P Compact для избыточного и абсолютного давления***

Использование высококачественных материалов обеспечивает выполнение гигиенических требований.

Особое внимание было уделено высокому качеству поверхности.

*Преимущества:* диапазоны измерения от 0 ... 160 мбар до 0 ... 40 бар; нелинейности вкл. гистерезис < +0,2 % от конечного значения; пьезорезистивная измерительная система, вакуумнепроницаемая и с защитой от перегрузки; гигиеническая конструкция, согласно рекомендациям EHEDG, FDA и GMP; материал и качество поверхности, согласно гигиеническим требованиям; части, соприкасающиеся с измеряемым веществом, из нержавеющей стали; полностью сварные; сигнальный выход 4 ... 20 мА (опция 0 ... 20 мА); корпус из нержавеющей стали с классом защиты IP65 (как опция IP67); температура процесса до 200°C; взрывозащита II 2G EEx [ib] ПС Т6 по АTEX; простая и надежная чистка.

*Сфера применения:* этот измерительный преобразователь давления сконструирован в соответствии с особыми требованиями пищевой, фармацевтической и биотехнической промышленности.

УДК 621.3

А.Н. ЗАХАРИК, А.В. МАСЛЕННИКОВ

### **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНА (МДЭА)**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева,  
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Работа посвящена оптимизации системы управления одного из этапов получения метилдиэтанолamina на предприятии «Химсорбент».

Метилдиэтанолamin и его производные являются высокоэффективными абсорбентами для очистки природного газа, используются для очистки технологических газов в производстве аммиака, в коксохимических производствах и других отраслях промышленности.

Способ получения метилдиэтанолamina заключается во взаимодействии окиси этилена с безводным монометиламином в жидкой фазе при повышенном давлении, осуществляемый в реакционно-разделительной двухконтурной реакторной системе в присутствии продуктов реакции.

Реакция синтеза МДЭА сопровождается значительным выделением тепла и протекает по сложным кинетическим законам с участием продуктов реакции на лимитирующих стадиях.

Синтез МДЭА организован в двухступенчатом реакторном узле, состоящем из реактора первой ступени Р15 и реактора второй ступени Р16. Исходные компоненты — окись этилена, монометиламин и метилмоноэтанолamin — поступают непосредственно в циркуляционный контур реактора Р15. Реакционная смесь из нижней зоны реактора Р15 поступает в циркуляционный контур на узел смешения с возвратным ММЭА, который насосом подается со стадии отгонки ММЭА. В реакторе Р16 завершается синтез МДЭА и частично испаряется избыточный монометиламин.

Основные показатели качества химической продукции — содержание основного вещества и примесей, наличие специфических показателей или свойств, обуславливающих последующее использование веществ по их основному назначению.

На качество МДЭА влияют такие факторы как температура проведения синтеза и наличие катализаторов (вода и др.).

С целью повышения качества произведенной продукции и понижения ее себестоимо-

сти необходимо провести оптимизацию расхода исходных компонентов и оптимизацию температурных режимов. Главнейшими этапами оптимизации являются выбор критерия оптимальности и составление математической модели.

Важнейшие области применения моделей – планирование оптимальных условий экспериментов и описание функционирования отдельных аппаратов или участков производства для решения сложных задач управления и оптимизации.

Поставленная цель в работе достигается:

- путем изучения кинетических закономерностей реагирования оксида этилена с метиламином, для синтеза метилдиэтанолamina;
- разработки, на основании полученных данных, математической модели процесса;
- проверки адекватности математической модели.

Решение математической модели реализовано сначала в форме системы математических выражений, которые отображают свойства объекта, а затем – в форме программы, пригодной для расчета на ЭВМ.

УДК 621.3

М.В. ЗУДИН, С.Г. САЖИН

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Информационное обеспечение системы линейной телемеханики (СЛТМ) включает в свой состав следующие базы данных:

- распределенную базу текущих параметров контролируемого пункта (КП) телемеханики;
- базу данных реального времени (БД РВ) ПУ ТМ линейного подразделительного управления (ЛПУ);
- архивную базу данных пункта управления ТМ ЛПУ.

Распределенная база текущих параметров представляет собой совокупность текущих данных, хранимых в следующих устройствах СЛТМ:

- контролируемых пунктах;
- концентраторе данных.

Соответствующие части распределенной базы текущих параметров размещаются на соответствующих устройствах системы.

Информационное обеспечение ПУ ТМ реализовано в объеме, позволяющем выполнять функции системы по контролю и управлению объектами газопроводов, и включает в себя следующие основные компоненты:

- состав входной и выходной информации и данных, включая формы документов;
- информационную модель объекта управления (базу данных) уровня ПУ ТМ;
- решения по информационным обменам в рамках системы.

Информационная модель объекта управления уровня ПУ ТМ включает в себя структуры данных, позволяющие обеспечивать хранение следующей информации:

- данных реального времени по текущим значениям параметров и состояниям объектов;
- паспортных (справочных) данных по контролируемым объектам;
- ретроспективных данных по телеизмерениям и телесигнализациям;
- ретроспективных данных о событиях в системе;
- служебной информации, необходимой для функционирования программного обеспечения СПУРТ.

Информационная модель ПУ ТМ реализована на основе объектно - ориентированного подхода. Структура организации данных соответствует структуре объектов газотранспорт-



ной системы. Данные реального времени, паспортные данные, служебная информация хранятся как параметры объектов информационной модели, соответствующих объектам автоматизации. Между объектами установлены иерархические связи в соответствии с реальной структурой газотранспортной системы.

Для данных реального времени обеспечивается хранение текущего значения контролируемого параметра, инженерных единиц измерения, времени последнего изменения параметра, достоверности данных.

База данных реального времени используется как источник данных при визуализации технологических параметров.

Оперативный архив используется для построения трендов ТИ и ТС. Глубина оперативного архива задается при конфигурировании системы и равна 8192 записей по каждому параметру. Сбор данных в оперативный архив ведется по изменениям с заданием зоны нечувствительности по каждому параметру.

Решения по информационным обменам включают в себя таблицы настроек, устанавливающих соответствие между объектами базы данных ПУ ТМ и адресами информации в КП телемеханики.

База данных РВ ПУ ТМ ЛПУ реализована в формате и средствами прикладного программного обеспечения Real Time Application Platform (RTAP).

УДК 621.3

В.А. ИВАНОВ

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА АКРИЛОВЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

В работе рассмотрены требования к системе автоматизации, возможные средства автоматизации производства акриловых эмульсий.

Акриловые эмульсии могут быть использованы для приготовления лакокрасочных материалов, пропитки тканей и кожи, в качестве сырья для полиакрилонитрильных волокон и акрилатных каучуков, строительных смесей и клеев. Процесс синтеза акриловых эмульсий – сложный многостадийный периодический процесс, требующий контроля многих технологических параметров и точного управления технологическим процессом.

Так как производственные сооружения, отведенные под склады готовой продукции и жидкого сырья, представляют собой здания категории В-1а, необходимо выбирать и использовать соответствующее оборудование.

Технологический процесс включает в себя следующие операции:

- приготовление смеси мономеров;
- приготовление смеси постдобавок;
- приготовление эмульгаторов;
- приготовление предварительной эмульсии;
- полимеризация акриловой эмульсии;
- дополимеризация акриловой эмульсии;
- водоподготовка;
- очистка сточных вод;
- приготовление теплоносителя заданной температуры.

В процессе синтеза эмульсий целесообразно использовать принцип многомаршрутного дозирования в широком диапазоне изменения дозы (принцип “многие ко многим”). Это позволит производить различные марки акриловых эмульсий в соответствии с рецептурой под различные заказы. Для измерения дозы можно использовать кориолисовые расходомеры

MASSFLO фирмы Siemens. Это решение позволит обеспечить высокоточное дозирование исходных реагентов.

В качестве весовых мерников рассматривается использование современных весоизмерительных устройств на основе тензометрических датчиков.

Для оценки качества готовых эмульсий используются различные лабораторные анализаторы: PH-метры для анализа остатка сухого вещества, хроматографы для анализа остаточных мономеров и вискозиметры для оценки вязкости готового продукта.

Требования к системе автоматизации:

- автоматическое дозирование компонентов в широком диапазоне масс компонентов;
- поддержание заданной температуры с точностью  $\pm 1^\circ\text{C}$ ;
- хранение программ синтеза для различных марок эмульсий.

Средний уровень АСУ ТП имеет относительно большую информационную нагрузку на контроллер, в среднем, по 150 входных аналоговых и входных/выходных дискретных сигналов. Исходя из этого, для данного производства можно использовать дублированный микропроцессорный контроллер Siemens семейства S7-400 и станции ввода/вывода, ET200M с модулями ввода/вывода соединенных по резервированной линии profibus DP.

Верхний уровень АСУ ТП должны представлять персональные ЭВМ промышленного исполнения для обеспечения централизованного управления и контроля основных стадий производства.

УДК 621.3

А.А. ИЛЬИН, С.Г. САЖИН

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА В РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЕ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Разделение жидких и газообразных смесей на индивидуальные компоненты имеет большое значение в химической и нефтехимической промышленности. Для разделения смесей на индивидуальные компоненты среди других методов широкое рассмотрение нашёл метод ректификации.

В настоящее время широкое распространение получают установки разделения воздуха методом глубоко охлаждения. Сфера применения продуктов разделения, таких как кислород и азот, чрезвычайно разнообразна.

В настоящее время одним из основных критериев оборудования является эффективность работы.

Ректификационная колонна КААр-15 были смонтированы в 80-х годах, и к сегодняшнему дню система управления не отвечает требованиям рынка. В начале 2000-х годов она была модернизирована и оснащена контроллером CENTRUM CS-3000, но программа управления осталась прежней.

В исследовании была поставлена задача оптимизации работы колонны для увеличения качественных и количественных характеристик готовой продукции. Для этого было решено составить математическую модель процесса, и на её основе выполнить подбор оптимальных параметров работы.

При построении математической модели прием следующие основные допущения:

- в колонне только две фазы – жидкость и пар;
- рассматривается стационарный режим процесса;
- дополнительных отборов потоков с промежуточных тарелок, кроме куба и конденсатора, не происходит;
- в межтарельчатом пространстве нет контакта между фазами;

- межтарельчатый унос жидкости отсутствует;
- на тарелках колонны протекает только процесс массопередачи.

Была построена математическая модель и на её основе написана программа. Программа состоит из следующих расчётных блоков:

- описания математической модели тарелки питания;
- расчёта расхода флегмы;
- расчёта выхода готовой продукции;
- вывода данных.

На основе данной программы в настоящий момент проводятся исследования с целью подбора оптимальных параметров работы ректификационной колонны и оптимизации программы контролера для увеличения выхода готовой продукции и снижения затрат.

УДК 621.3

К.С. КАЦНЕЛЬСОН

### **УПРАВЛЕНИЕ ЗАМКНУТЫМ ПРОЦЕССОМ СИНТЕЗА И ДИСТИЛЛЯЦИИ КАРБАМИДА**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

При управлении процессом синтеза и дистилляции производства карбамида по схеме с полным жидкостным рециклом одними из важных параметров, определяющих качество процесса, являются: поддержание заданного соотношения расходов аммиака и двуокиси углерода в потоке, поступающем в реактор, и концентрация двуокиси углерода в потоке углеамонийных солей.

Сложность управления состоит в том, что данная химико–технологическая система является замкнутой, поэтому трудно определить состав потока углеамонийных солей, поступающих в реактор.

Автором создается модель замкнутой химико-технологической системы, в которую входят модели отдельных аппаратов из состава данной системы производства карбамида. Эта модель позволяет итерационным методом рассчитать состав углеамонийных солей, поступающих в реактор. На базе этой модели может быть создан алгоритм управления показателями: соотношениями расходов аммиака и двуокиси углерода в потоке, поступающими в реактор, и концентрациями двуокиси углерода в потоке углеамонийных солей. Модель рассчитывает выходные потоки каждого аппарата, входящего в состав химико-технологической системы, по массовым расходам исходных компонентов и по параметрам технологического процесса в этом аппарате, таким как давление или температура.

В качестве исходных данных для выполнения расчета задаются требуемые значения соотношения расходов аммиака и двуокиси углерода в потоке, поступающем в реактор, и концентрация двуокиси углерода в потоке углеамонийных солей. Регулирование будет происходить за счет изменения внешних входных потоков (истоков) аммиака, поступающего в реактор, и аммиачной воды, поступающей в промывную колонну.

Данная модель реализуется на языке *Visual Basic for Applications (VBA)*. Данную программу можно будет установить на станцию оператора (промышленную ЭВМ). При этом к станции оператора должны подключаться регуляторы, которые реализуются контроллером. На эти регуляторы будут подаваться в виде заданий расчетные величины расходов аммиака и аммиачной воды, найденные с помощью математической модели. Затем регуляторы будут уменьшать величину рассогласования между заданными значениями расходов аммиака и аммиачной воды и текущими, вырабатывая управляющие воздействия на регулирующие клапаны соответствующих входных потоков. Настройка регуляторов расхода не представляет проблем, поскольку расход – безинерционный параметр.

Таким образом, с помощью данной программы можно будет реализовать управление соотношением расходов аммиака и углекислого газа в потоке, поступающем в реактор, с учетом рецикла и концентрацией двуокиси углерода в потоке углеамонийных солей.

Разработка программного обеспечения для данной задачи находится в стадии завершения. Разработаны модули программного обеспечения, обслуживающие аппараты замкнутой химико-технологической схемы.

УДК 621.3

С.В. КИРЕЕВ

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В работе выполнен анализ современных датчиков контроля уровня жидкости, которые широко применяются в пищевой и химической промышленности.

Датчики уровня являются современными элементами автоматики и предназначены для применения в системах управления, контролирующими наполнение и поддержание уровней в резервуарах с различными жидкостями, сыпучими веществами, газом.

В зависимости от типа приложения, где используется датчик уровня жидкости, применяются контактный или бесконтактный метод измерений. При контактном измерении (датчики поплавкового типа) датчик уровня воды располагается непосредственно на стенке резервуара и переключает контакты при достижении водой уровня его размещения.

По принципу измерения уровня датчики уровня делятся: на поплавковые (мини, одноуровневые, многоуровневые, гибкие), лопастные, вибрационные, емкостные, сквозные, давления, потока, оптические, датчики скорости вращения, ультразвуковые и т.д.

Измерение уровня гидростатическими уровнемерами сводится к измерению гидростатического давления, создаваемого столбом жидкости постоянной плотности.

По виду чувствительного элемента электрические средства измерений уровня подразделяют на емкостные и кондуктометрические.

В настоящее время существуют различные принципы построения акустических уровнемеров, из которых широкое распространение получил принцип локации. В соответствии с этим принципом измерение уровня осуществляют по времени прохождения ультразвуковыми колебаниями расстояния от излучателя до границы раздела двух сред и обратно до приемника излучения.

Преимущества различных датчиков уровня:

- ультразвуковые датчики уровня позволяют контролировать уровень жидкостей без контакта со средой при глубине резервуара до нескольких десятков метров;
- поплавковые датчики для контроля фиксированных уровней жидкости не требуют дополнительного питания и обеспечивают высокую надежность при низкой стоимости;
- акустические уровнемеры обеспечивают независимость показаний от физико-химических свойств и состава рабочей среды. Это позволяет использовать их для измерения уровня неоднородных кристаллизирующихся и выпадающих в осадок жидкостей

В качестве примера рассмотрим микроволновый бесконтактный уровнемер Micropilot FMR 130 фирмы Endress+Hauser. Он представляет из себя интеллектуальный преобразователь для бесконтактного измерения в буферных, технологических емкостях и емкостях хранения, металлических направляющих и байпасных трубах.

Уровеньмер Micropilot FMR 130 подходит для применения в случаях, когда происходят изменения продукта и температуры, а также в присутствии инертного газа и пара. Работа Micropilot происходит в промышленном частотном диапазоне и основывается на методе измерения времени прохождения микроволнового импульса. Низкая энергия излучения позво-

ляет устанавливать прибор как в металлических, так и в неметаллических емкостях без риска для людей и окружающей среды.

Из большого количества уровнемеров можно выбрать необходимый для решения конкретной задачи управления технологическим процессом.

УДК 621.3

М.А. КОВАЛЕВ

## **ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЕЧИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ И РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБРАБОТКИ ДЕФЕКТОСКОПИЧЕСКОГО СИГНАЛА**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Целью работы является по результатам моделирования разработать метод обработки дефектоскопического сигнала и оптимизировать метод локализации течи.

В работе применяется масс-спектрометрический метод контроля как самый чувствительный из методов. Испытание на герметичность производится с целью локализации течей для определения суммарной степени негерметичности изделия. Соответствующим образом, исходя из первичных классификационных признаков, все течеискательные устройства делятся на устройства, контролирующие общую негерметичность, и устройства, определяющие место течей, то есть устройства локализации течи.

В практике течеискания применяют два вида испытания: вакуумные и атмосферные. В данной работе исследуются устройства локализации течей, проводящие контроль при атмосферном давлении, поскольку такой вид контроля охватывает большую номенклатуру испытуемых изделий. Существует два принципа обнаружения зон с повышенной концентрацией утечки – активный и пассивный. При активном сканировании движения щупа производят туда, где скорость приращения сигнала больше. Так как активный способ сложен в автоматизации и имеет низкую производительность, то рассматриваться будет только пассивный принцип.

В условиях пассивного сканирования траектория движения щупа задается по жесткой программе. В зависимости от траектории сканирования мы получаем достаточно большое количество кривых распределения концентрации пробного газа. Получаемая при этом дефектоскопическая информация подлежит обработке, в результате которой на основе анализа модели дефектоскопического сигнала определяются параметры течи.

Предложена обработка информации, состоящая из двух подходов. Первый – это выделение дефектоскопического сигнала с последующим определением его параметров (высоты и площади пика, время появления и т.д.), и второй – по результатам анализа формализованного дефектоскопического сигнала определяются координаты течи и её величина. Формализацию дефектоскопического сигнала можно осуществить по аналогии с описанием кривых распределения, производимых в территории вероятности на основе определения центральных моментов  $n$ -го порядка.

Вторичная обработка информации основана на знаниях модели дефектоскопического сигнала, которая может быть найдена экспериментально, или получена в результате решения системы дифференциальных уравнений, описывающей процесс переноса пробного газа из изделия в полость преобразователя утечки.

В данной работе будет использована вторичная обработка с использованием математической модели, описывающей процесс переноса пробного газа из изделия в преобразователь утечки. Оптимизация процесса локализации течей заключается в обеспечении на должном уровне факторов, влияющих на чувствительность, точность и производительность контроля.

**ОБЗОР ПРОМАШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ МЕТРАН**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Интеллектуальные датчики давления серии Метран-150 предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал.

Интеллектуальные датчики давления серии Метран/100 предназначены для измерения и непрерывного преобразования в унифицированный аналоговый токовый сигнал и/или цифровой сигнал.

Датчики давления серии Метран-22-АС-1 предназначены для непрерывного преобразования значения измеряемого параметра (абсолютного, избыточного давления, разрежения, давления-разрежения, разности давлений) в унифицированный токовый сигнал в системах автоматического управления, контроля и регулирования технологических процессов на объектах атомной энергетики.

Малогобаритные датчики Метран-55 предназначены для работы в различных отраслях промышленности, системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин избыточного (ДИ), абсолютного давления (ДА), разрежения (ДВ), давления-разрежения (ДИВ) нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал.

Коррозионностойкие интеллектуальные датчики давления Метран-49 предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования, управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование в унифицированный аналоговый токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал.

Метран-2700 – микропроцессорные термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом 4-20 или 20-4 мА – предназначены для измерения температуры различных сред в газовой, нефтяной, угольной, энергетической, металлургической, химической, нефтехимической, машиностроительной, металлообрабатывающей, приборостроительной, пищевой, деревообрабатывающей и других отраслях промышленности, а также в сфере ЖКХ и энергосбережения. Отличительные особенности: гальваническая развязка входа от выхода, самодиагностика технического состояния, повышенная защита от промышленных помех, повышенная вибростойкость.

Преобразователи термоэлектрические (далее ТП) Метран-2000 предназначены для измерения температуры различных сред во многих отраслях промышленности, а также в сфере ЖКХ и энергосбережения. Использование ТП допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материалы, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионностойкими.

Интеллектуальные преобразователи температуры (ИПТ) Метран-280 предназначены для точных измерений температуры в составе автоматических систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Использование ИПТ допускается в нейтральных, а также агрессивных средах, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким.

В работе представлены наиболее широко используемые в промышленности датчики.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Термин «распознавание речи» в технической литературе встречается часто, но имеет много различных значений. В докладе рассматриваются различные трактовки этого термина, а также обзор технологий распознавания речи.

Как правило, в существующих системах используются два принципиально разных подхода:

- распознавание голосовых меток;
- распознавание лексических элементов.

Первый подход предполагает распознавание фрагментов речи по заранее записанному образцу. Этот подход широко используется в относительно простых системах, предназначенных для исполнения заранее записанных речевых команд.

Второй подход сложнее. При его реализации из потока речи выделяются отдельные лексические элементы – фонемы и аллофоны, которые затем объединяются в слоги и морфемы. Именно этот подход и используется в «настоящих» системах распознавания речи.

Все системы распознавания речи можно разделить на два класса:

- системы, зависимые от диктора;
- системы, не зависимые от диктора.

К первому классу относятся системы, работа которых не зависит от диктора. Такие системы не требуют предварительного обучения и способны распознавать речь любого диктора.

Системы второго класса настраиваются на речь диктора в процессе обучения. Для работы с другим диктором такие системы требуют полной перенастройки.

Разработчики систем распознавания речи любого класса, пригодных для промышленного применения, обладают многолетним опытом в практическом применении речевых технологий, но эта задача чрезвычайно сложна. Применяемый подход, основанный на распознавании голосовых меток, не в полной мере решает данную проблему. Нельзя ограничиваться составлением базы данных из записей звуковых сигналов всех фонем, аллофонов и других лексических элементов для последующего сравнения формы сигналов в процессе распознавания. Здесь нужно применение более сложных методов – методов, основанных на использовании нейронных сетей.

УДК 621.3

А.А. КОМАНОВ

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Рассмотрим анализ методов и средств измерения на примере фактического расхода топлива. Оценка фактического потребления топлива АТС может производиться с помощью средств инструментального контроля. По назначению и функциональным возможностям эти средства могут быть разделены на три основные группы:

- измерители (счетчики) расхода топлива;
- бортовые устройства для контроля за экономичностью режима движения автомобиля (ИЭД);
- приборы для обеспечения комплексного контроля за расходом топлива и работой автомобиля (КСУРТ).

Для организации массового контроля за расходом автомобильного топлива в середине 80-х гг. было разработано два типа расходомеров-счетчиков: для бензиновых автомобилей - ИФРТ-2 (измеритель фактического расхода топлива) и для дизельных автомобилей - ИКТд (измеритель количества топлива дизельный). Эти расходомеры предназначены для измерения и регистрации (нарастающим итогом) количества израсходованного автомобилем топлива. Конструкции расходомеров различны и зависят от целей и характера проводимых испытаний. Сейчас на автомобильном транспорте применяются три типа расходомеров – это приборы, работа которых основана на измерении скорости потока топлива, массы и объема потребляемого топлива.

Расходомеры топлива, предназначенные для лабораторно-стендовых испытаний, должны обеспечивать широкий диапазон измерений расхода топлива от минимального (0,3 кг/ч при работе на холостом ходу) до максимального (40 кг/ч при полной подаче топлива) с точностью измерения  $\pm 1\%$ . Их работа должна отличаться высокими стабильностью и надежностью, автоматизированным измерением расхода топлива, а конструкция – простотой основных элементов. Расходомер подключается к магистрали между топливным баком и топливным насосом для избежания попадания пузырьков воздуха в топливо, которые влияют на точность измерения.

Наибольшее распространение сейчас получают расходомеры с электронной системой отсчета, работающие по принципу определения мгновенного расхода топлива. Принцип действия расходомеров топлива непрерывного действия основан на преобразовании первичных механических и флуометрических сигналов в электрические импульсы. К числу таких приборов относится Фловтроник-205 (фирма-изготовитель "Атомак", Финляндия). Это прибор многоцелевого назначения. Он позволяет контролировать расход бензина в реальных условиях транспортного процесса или при различных типах стендовых испытаний.

УДК 621.3

Е.С. КОСТИКОВ, В.М. МЯСНИКОВ, С.Г. САЖИН

## **ОСНОВЫ ВАКУУМНО-КАМЕРНОГО СПОСОБА ТЕЧЕЙСКАНИЯ С НАКЛАДНЫМИ МЕМБРАНАМИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Применяемые в химической и смежных отраслях промышленности методы локализации течей, такие как пузырьковый, вакуумно-пузырьковый, индикаторный и другие, практически не поддаются автоматизации и при этом весьма трудоемки.

Предлагается новый метод течеискания, реализация которого позволит облегчить труд дефектоскопистов при исследовании сварных швов больших емкостей, танкеров, цистерн и т. п.

Рассмотрим основу метода. При истечении пробного газа (в частности, воздуха) через течь его поток в основном такой, что критерий Пекле  $Pe \ll 1$ , – значит, это диффузионный процесс, характеризующийся коэффициентом диффузии  $D$ . Если в районе течи создать вакуум с помощью местной камеры, соединенной с вакуум-насосом, то перепад давления на контролируемой поверхности изделия облегчит прохождение пробного газа по каналу течи. Канал течи характеризуется своим гидравлическим сопротивлением, определяющим его пропускную способность.

Поток пробного газа, прошедшего через течь и попавший в вакуумную камеру, может смешаться с газом, прокачиваемым через негерметичности самой камеры, а это сильно затрудняет локализацию, давая ложное срабатывание. Чтобы этого избежать, предлагается использовать пористую мембрану.

Пористая мембрана помимо защитных функций исполняет роль накопителя потока. При этом ее параметрические параметры должны быть подобраны так, чтобы на границе раздела «изделие-мембрана» как можно сильнее изменялись граничные условия – гидравлическое сопротивление току газа из течи. Предлагается использование нерегулярных микропористых структур (размер пор от 1 до 100 нм). Это позволяет создать в мембране режим кнудсеновский режим диффузионного течения (число Кнудсена  $Kn \gg 1$ ). При таком выборе материала мембраны скорость пробного потока в ней будет определяться только количеством столкновений молекул газа со стенками пор.

Для математического описания процесса переноса газа в пористой мембране можно



использовать квазигомогенный метод, при котором вводится понятие эффективного коэффициента диффузии  $[D]$ , связанного с параметрическими свойствами мембраны:

$$[D] = D \cdot \frac{\varepsilon}{\Lambda},$$

где  $D$  – коэффициент диффузии пробного газа;  $\varepsilon$  – порочность материала мембраны;  $\Lambda$  – извилистость поровых каналов.

В мембрану предлагается установить датчик потока газа, для этого можно использовать термометр сопротивления. Для улучшения качества измерения предлагается верхнюю грань мембраны сделать непроницаемой для пробного газа, это позволит накопить в мембране еще большее количество пробного газа, которое вступит во взаимодействие с датчиком потока.

Выходным сигналом с датчика будет служить некий дефектоскопический сигнал, характеризующий относительное положение течи в пределах вакуумной камеры. Его будет характеризовать пик дефектоскопического сигнала на фоне фонового сигнала, который вызовет поток газа в датчике, проникающий через обнаруженную течь.

УДК 621.3

М.Е. КУЛАКОВ

## **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕРМОПАРЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Термопары относятся к классу термоэлектрических преобразователей, принцип действия которых основан на явлении Зеебека: если спаи двух разнородных металлов, образующих замкнутую электрическую цепь, имеют неодинаковую температуру, то в цепи протекает электрический ток. Изменение знака у разности температур спаев сопровождается изменением направления тока.

Электродвижущая сила, вызывающая этот ток, называется термоЭДС Зеебека и зависит только от материала термоэлектродов и разности температур спаев:

$$E = \alpha(T_2 - T_1),$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности.

Таким образом, зная температуру одного спая (обычно ее поддерживают постоянной, например  $0^\circ\text{C}$ ) и измеряя этот ток или напряжение, можно однозначно определить неизвестную температуру другого спая.

Широкому применению термопары обязаны в первую очередь своей простоте, удобству монтажа, возможности измерения локальной температуры. Они гораздо более линейны, чем многие другие датчики, а их нелинейность на сегодняшний день хорошо изучена и описана в специальной литературе.

К числу достоинств термопар относятся также малая инерционность, возможность измерения малых разностей температур. Термопары незаменимы при измерении высоких температур (вплоть до  $2200^\circ\text{C}$ ) в агрессивных средах. Термопары могут обеспечивать высокую точность измерения температуры на уровне  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ .

Каждый вид термопар в силу своих особенностей обладает и недостатками, например, хромель-копелевые термопары обладают высокой чувствительностью к деформациям, а платинородий-платиновые высокой чувствительностью термоэлектродов к любым загрязнениям, появившимся при изготовлении, монтаже или эксплуатации термопар.

Важной характеристикой термопар является ее чувствительность. Термопара тем лучше, чем больше чувствительность, а ее статическая характеристика приближена к линейной. Наилучший показатель по этому критерию имеет хромель-копелевая термопара. А хро-

мель-алюмелевые обладают близкой к линейной зависимостью между температурой и вырабатываемой термоЭДС.

В некоторых случаях при использовании термопар для работы с высокими температурами важен такой параметр, как диапазон рабочих температур. Вольфрам-рениевые термопары могут применяться даже в условиях, где температура превышает 2000 °С, а никросил-нисовые отличаются устойчивой работой и при отрицательных температурах, что позволяет использовать их в температурных условиях от -270 °С.

Термопары широко применяют для измерения температуры различных объектов, а также в автоматизированных системах управления и контроля. Измерение температур с помощью термопар получило широкое распространение из-за надежной конструкции датчика, возможности работать в широком диапазоне температур и дешевизны.

УДК 621.3

А.В. ЛИПКАН В.В. ЗИМИН

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Фирма National Instruments уже давно находится на рынке и хорошо зарекомендовала себя. Разработанную National Instruments серию программных продуктов LabVIEW и сопутствующее оборудование весьма удобно использовать для автоматизации различных исследований и экспериментов.

Графическая среда программирования LabVIEW позволяет студентам, ученым и инженерам спроектировать и испытать в действии различное оборудование, используя лишь свой персональный компьютер. Это избавляет от необходимости приобретения дорогостоящих приборов и уменьшает риск поломки прибора при тестировании.

В отличие от классических лабораторий, лаборатории на базе LabVIEW не требуют комплектации большим количеством, часто громоздкого и дорогостоящего, оборудования, а напротив, занимают весьма малую площадь, но, тем не менее, предоставляет самый широкий спектр измерительных приборов и инструментов. Также возможно создание собственных виртуальных приборов и инструментов на базе простых элементов, что позволяет существенно увеличить количество доступных приборов и инструментов. Для автоматизации эксперимента достаточно пакета LabVIEW, персонального ЭВМ и платы сопряжения, тогда как в классическом варианте применяется множество различных приборов.

Разработанная National Instruments серия программных продуктов LabVIEW, помимо виртуальных приборов, предлагает также программы интерактивного проведения измерений в реальном времени. Это дает возможности достаточно широкого применения LabVIEW в самых различных областях.

С использованием LabVIEW фирмы National Instruments уже создано большое количество различных лабораторных работ. Выполняя эти лабораторные работы, студенты получают навыки по разработке системы автоматического управления процессами, навыки по проектированию оборудования, а также навыки визуального программирования в среде LabVIEW. Это существенно повышает их конкурентоспособность в будущем.

В LabVIEW используется так называемое визуальное программирование, которое существенно упрощает процесс создания программного обеспечения для систем автоматизации. Можно, не вникая в тонкости программирования, достаточно быстро создать программу, управляющую каким-либо процессом, или смоделировать этот процесс на компьютере. В отличие от традиционного текстового программирования, визуальное програм-

мирование LabVIEW является гораздо более дружелюбным для пользователя, понятным и легко читаемым.

Все названные факторы показывают целесообразность использования LabVIEW для автоматизации различных физических исследований и экспериментов.

УДК 621.3

Д.П. МАКОВЕЦКИЙ

## ПРИМЕНЕНИЕ СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И ОТОПЛЕНИЯ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

При управлении динамическими объектами нередко ставится задача достижения оптимума. Обычно критерием оптимальности выбирают минимизацию времени переходного процесса из одного статического состояния в другое. При этом немаловажным является требование обеспечения плавности такого перехода, которое в то же время является и существенным ограничением на пути достижения оптимальности, так как при неплавном управлении можно быстрее изменить состояние объекта. Применительно к управлению технологическими процессами неплавное управление ведет к возникновению перегрузок и часто является причиной аварий.

Развитие цифровых способов управления позволяет создать новые уникальные регуляторы на базе алгоритма управления с использованием скользящего режима (скользящего). Способ управления с использованием скользящего режима отличается чрезвычайно высокой надежностью, поскольку он предполагает вынуждающее управление, которое заставляет процесс протекать по динамической траектории, заданной разработчиком. Каждая динамическая система имеет, по крайней мере, два вида траекторий изменения состояния в фазовой плоскости: траекторию разгона и траекторию торможения. Данный способ управления имеет ряд преимуществ: монотонность переходного процесса, возможность управления без перерегулирования и другие.

Для управления системой вентиляции и отопления существуют специальные отопительные контроллеры (например, Siemens серии Synco). В этих контроллерах уже заложены программы для управления вентиляцией. При настройке таких контроллеров выбираются соответствующие программа, ее параметры и входы-выходы контроллера.

Таким образом настройка должна проводиться очень быстро и без проблем. Но есть и весьма существенные минусы. Во-первых, чаще всего приходится управлять вентиляцией, практически не зная ее параметров (скорость, тепловые потоки, мощность т. д.). Во-вторых, для правильной работы системы необходима настройка большого количества параметров. И, наконец, невозможность изменить саму программу порождает проблемы в использовании этих контроллеров. Чаще всего проблемы возникают при попытке запуска системы после срабатывания датчика угрозы заморозки при очень низких температурах наружного воздуха.

Использование скользящего режима существенно упрощает алгоритм управления системой вентиляции и отопления. При построении модели пренебрегаем запаздыванием, связанным с временем прохождения воздуха по воздуховодам и временем реакции датчиков (малы по сравнению с постоянной времени помещения). Считаем, что система вентиляции спроектирована грамотно, т.е. температура в различных точках помещения примерно одинакова.

Основной алгоритм управления с применением скользящего режима прост в реализации. Настройка системы также не требует особых расчетов. Настройки требует всего один

коэффициент, который устанавливается равным половине постоянной времени модели комнаты. Для исключения постоянных переключений релейного элемента в скользящем и установленном режимах вместо идеального реле можно использовать реле с зоной нечувствительности в паре с экстраполятором нулевого порядка.

В настоящее время с развитием цифровых методов обработки этот способ регулирования становится все более распространенным. В нем скрыты большие возможности и резервы для построения надежных, оптимальных и самонастраивающихся систем управления.

УДК 621.3

К.С. МАЛЫШЕВ, С.Г. САЖИН

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В настоящее время системы автоматизированного проектирования широко применяются во всех отраслях техники и промышленности. Внедрение САПР в процесс проектирования производственных объектов существенно снижает общую стоимость проектирования. Вместе с тем, упускается один важный аспект проектирования: экономическая оптимальность принятых проектных решений. Компонентные решения и выбор оборудования производится без учета стоимости его обслуживания, сроков службы и надежности. Сметная стоимость оборудования и его монтажа в проектных организациях подсчитывается на заключительном этапе проектирования. Это так называемая сметная стоимость строительства, помимо нее существует стоимость эксплуатации, а также стоимость демонтажа и утилизации. В совокупности эти параметры можно назвать экономической эффективностью проектного решения. В настоящее время существуют необходимые возможности для автоматического расчета подобного критерия. Разработка проектов с учетом экономической эффективности всего рабочего цикла оборудования и материалов позволят существенным образом снизить общие затраты заказчика.

Любое проектное решение – это лишь конкретная реализация одного из нескольких возможных вариантов с учетом ограничений, налагаемых нормативными документами и специфическими требованиями конкретного проекта. Меняя параметры проектного решения, можно получить все возможные варианты. Для учета требований нормативных документов хорошо подходят методы нечеткой логики, так как данные требования часто носят неконкретный, рекомендательный характер. Если принять параметр экономической эффективности проектного решения в качестве обобщенной целевой функции, то задача выбора проектного решения сводится к нечеткой многопараметрической оптимизации.

Для расчета критерия экономической эффективности проектного решения необходимо иметь базы данных по стоимости работ монтажа и эксплуатации, приборов и материалов, их надежности и т.д. Для автоматического учета требований нормативных документов и формирования вариантов проектного решения необходимо иметь базу нечетких правил, составленных на их основе.

Решение данной задачи классическими методами требует много времени, а ответ носит слишком категоричный характер, основанный на излишней точности. Таким образом, необходимо разработать алгоритм, позволяющий решать данную конкретную задачу быстро, а также в более обобщенном виде с получением ответа рекомендательного характера. Этим требованиям отвечает алгоритм, основанный на нечеткой логике.

К.А. МОЛОЧКОВ, В.П. ЛУКОНИН

## **УПРАВЛЕНИЕ СТАДИЕЙ ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОРЭМИТА**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Порэммит – двухкомпонентное эмульсионное взрывчатое вещество, используемое в горнодобывающих работах. Порэммит состоит из эмульсии порэммита и газогенерирующей добавки (ГГД). Эмульсия порэммита представляет собой эмульсию «вода в масле» высококонцентрированного водного раствора аммиачной селитры (АС) в индустриальном масле (ИМ) в присутствии эмульгатора.

Основными критериями качества порэммита как ВВ являются энергетические характеристики и скорость детонации. Энергетические характеристики определяются соотношением компонентов и пористостью (плотностью) среды, а скорость детонации и полнота сгорания смеси зависит от площади соприкосновения между топливом и окислителем. Иными словами, для получения качественной эмульсии порэммита с заданными детонационными характеристиками и отсутствием отказов зарядов необходимо обеспечить производство, способное поддерживать заданное соотношение компонентов и дисперсность.

Размеры частиц эмульсии, обеспечивающие ее стабильность и исключающие кристаллизацию при хранении, находятся в диапазоне 1-10 мкм. Для устойчивой детонации эмульсия должна представлять собой систему, где более 90% капель АС имеют размер менее 10 мкм. В этом случае гарантируются высокая скорость детонации и отсутствие отказов заряда.

Получение эмульсии происходит в непрерывном режиме в каскаде из двух аппаратов: предварительный смеситель и аппарат эмульгирования. В смесителе происходит предварительное смешение компонентов и получение эмульсии «масло в воде». Аппарат эмульгирования обрабатывает эмульсию и доводит ее до необходимой дисперсности. При этом для аппарата эмульгирования характерно экспоненциальное уменьшение размера капель до некоторого критического значения, которое для аппарата данного типа находится в диапазоне 5-10 мкм.

Среднее время пребывания эмульсии в аппарате эмульгирования составляет примерно одну минуту. За это время должно произойти полное обращение эмульсии. При этом существует вероятность «проскока» прямой эмульсии из аппарата смешения. Следовательно, встает задача определения качества и типа эмульсии на выходе из эмульгатора.

В докладе рассмотрены способы определения качества эмульсии и методы управления непрерывным процессом эмульгирования по показателям дисперсности и типу эмульсии.

Т.А. МОШКИНА

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕФРАКТОМЕТРОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Рефрактометр – это прибор для определения показателя преломления какого-либо вещества. Рефрактометрия является одним из наиболее широко используемых аналитических методов, позволяющих определить вещество, находящееся в жидком состоянии, или концентрацию двухкомпонентных растворов. Рефрактометрия основана на явлении преломления света при переходе из одной среды в другую, называемом рефракцией. Показателем, или коэффициентом преломления, называют отношение синуса угла падения луча света к синусу угла его преломления  $n = \sin a / \sin b$ . Если луч света переходит из вакуума или возду-

ха в другую среду, то угол падения всегда больше угла преломления. При увеличении угла падения изменяется соотношение между величиной световой энергии, проходящей в другую среду и отраженной от границы раздела. При углах падения выше критического свет полностью отражается от поверхности раздела. Этот угол называется углом полного внутреннего отражения. Зная угол полного внутреннего отражения  $a'$ , можно определить показатель преломления  $n = 1/\sin a'$ .

Существует множество типов рефрактометров, имеющих различную конструкцию и технические данные, предназначенных для решения разнообразных научно-исследовательских и производственно-технологических задач.

Рассмотрим возможности этого прибора на примере рефрактометра ИРФ-454 Б2М. Он предназначен для измерения показателя преломления и средней дисперсии неагрессивных жидких и твердых сред, а также для непосредственного измерения процентного содержания сухих веществ в растворах по шкале сахарозы.

Рефрактометр может применяться:

- в медицинских учреждениях (для определения белка в моче, сыворотке крови, плотности мочи, анализа мозговой и суставной жидкости, плотности субретинальной и других жидкостей глаза);

- в фармацевтической промышленности (для исследования водных растворов различных лекарственных препаратов кальция хлорида (0% и 20%), новокаина (0,5%, 1%, 2%, 10%, 20%, 40%), эфедрина (5%), глюкозы (5%, 25%, 40%), магния сульфата (25%), натрия хлорида (10%), кордиамина и т.д.);

- в пищевой промышленности (на сахарных и хлебных заводах, кондитерских фабриках для анализа продуктов и сырья, полуфабрикатов, кулинарных и мучных изделий, для определения влажности меда, доли сухих веществ в различных сулах (ГОСТ 5900-73), сахароагаровом сиропе, сиропе для мармелада, зефира, кремов и пряников, для определения массовой доли растворимых сухих веществ по сахарозе в продуктах переработки плодов и овощей, процентного содержания жира в твердых продуктах питания; концентрации солей).

Технические характеристики данного рефрактометра: диапазон измерения показателя преломления 1,2...1,7; диапазон измерения массовой доли сухих веществ (сахарозы) в растворе 0...85%; температура измеряемой жидкости 10...60 °С; масса не более 3,1 кг.

Наряду с рассмотренным рефрактометром, широко используются и многие: АП-01, АП-05, АП-10, АП-15, РПЛ-4, АР 2008, RFM710 и т.д.

Таким образом, рефрактометры могут использоваться в каждой лаборатории санитарно-эпидемиологического контроля, ветеринарных лечебницах, лабораториях медицинских учреждений, а также метрологического контроля и т.д.

Обор рефрактометров позволяет осуществить их обоснованный выбор для решения конкретных задач.

УДК 621.3

А.С. ОЛОНЦЕВ

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАСХОДОМЕРОВ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Измерение расхода вещества, будь то газ, жидкость или сыпучие продукты, является одним из наиболее важных параметров в наше время. Практически любой технологический процесс включает в себя необходимость контроля расхода вещества. Создано огромное множество приборов, контролирующих расход. Существует множество способов измерения расхода вещества. В работе рассмотрен один из наиболее применяемых в наше время приборов для измерения расхода – расходомер переменного перепада давления.

Принцип действия расходомеров переменного перепада давления основан на использовании зависимости величины расхода вещества и разностей давлений относительно постоянного гидравлического сопротивления, устанавливаемого на пути потока.

Обязательными элементами РППД является сужающее устройство, предназначенное для формирования разности давлений в зависимости от величины расхода, и дифференциальный манометр, который регистрирует разность давлений. Также РППД имеет в составе регистрирующее устройство.

С помощью РППД можно измерять величину расхода газа и жидкости в трубах диаметром от 50 мм до 1,5 м. Точность измерения 0,5...1%.

В соответствии с ГОСТ 8.563.1-97 рекомендовано использование нескольких типов сужающих устройств. К ним относятся: стандартная диафрагма, камерная диафрагма, сопло, труба и сопло Вентури.

Разработаны различные варианты соединения сужающих устройств дифманометром. Это зависит от типа контролируемой среды, её свойств и других факторов. Все виды сужающих устройств применяются в трубопроводах, имеющих диаметр более 50 мм. Максимальный диаметр трубопровода составляет 1,8 м.

В качестве дифференциальных манометров используются простейшие гидростатические дифференциальные манометры, а в условиях длительной промышленной эксплуатации применяются дифференциальные манометры типа «САПФИР» и концерна «МЕТРАН».

С учетом особенностей процесса измерения расхода РППД разработано несколько вариантов схем измерительных расходомерных систем. В частном случае, когда по трубопроводу протекает жидкость постоянного состава и при постоянной температуре, для измерения расхода достаточно использовать лишь прибор, измеряющий перепад давления, – дифманометр. Шкала его градуируется для подобного случая в единицах расхода, поэтому такие приборы называют дифманометрами-расходомерами.

РППД 3051 фирмы Emerson содержит датчик давления и температуры. Он является одним из лучших представителей РППД. Также стоит отметить расходомер 3095 MV американской фирмы Rosemount, который при контроле измеряет большое количество параметров.

РППД наиболее распространены для любых технологических процессов с потоками. Измерители перепада давления востребованы намного больше, чем их аналоги.

Популярность РППД обусловлена рядом причин: высокой воспроизводимостью результатов, надежностью и стабильностью в работе, установкой непосредственно в процесс, легкостью калибровки, распространенными стандартами, широким диапазоном измерений прибора.

РППД находят широкое применение в различных областях промышленности. Особенно они широко распространены в химической промышленности, где требуются очень точные измерения.

В данной работе рассмотрены расходомеры переменного перепада давления, их характеристики и принцип работы.

УДК 621.3

Н. С. ПАВЛОВА, С.Г. САЖИН

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХЕМОСОРБЦИИ CO<sub>2</sub> ИЗ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ГАЗА**

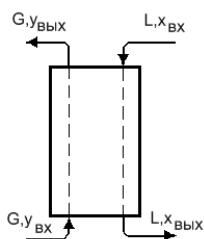
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Задачей работы является построение полной модели процесса и в конечном итоге его оптимизация, при которой находят:

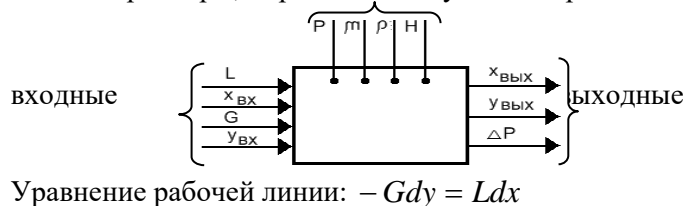
- 1) технологический оптимум процесса;
- 2) экономический оптимум процесса;
- 3) алгоритмы управления процессом.

При моделировании процессов хемосорбции  $\text{CO}_2$  из циркуляционного газа в производстве окиси этилена использованы следующие модельные представления (рис. 1):

Принципиальная схема процесса абсорбции:



Основные переменные процесса в насадочном абсорбере: параметры, определяющие условия протекания



Уравнение рабочей линии:  $-Gdy = Ldx$

Рис. 1

С учетом размера аппарата и гидродинамических режимов его работы расчет процесса хемосорбции в насадочной колонне допустимо проводить по модели идеального вытеснения.

Для хемосорбции материальный баланс:

1. При противоточном движении фаз:  $bGdy = -Ldx_B$ .

2. Для любого сечения колонны:  $bG(y_H - y) = L(x_B - x_{BH})$ .

Статические характеристики. Согласно модели идеального вытеснения, имеем три варианта моделей процесса хемосорбции  $\text{CO}_2$  из циркуляционного газа в зависимости от областей протекания процесса:

— диффузионная область:

$$x_B > x_{B, \text{кр}}, x_A = 0, \quad G\partial y / \partial z + K'_1 a y = 0, \quad -L\partial x_B / \partial z + bK'_1 a y = 0;$$

— кинетическая область:

$$x_{B, \text{кр}} \geq x_B \geq 0, x_A = 0, \quad G\partial y / \partial z + \aleph K'_{\text{ж}} a \delta_{\text{ж}} = 0, \quad -L\partial x_B / \partial z + b \aleph K'_{\text{ж}} a x_{A, \text{гр}} = 0;$$

— диффузионно-кинетическая область:

$$x_A > 0, x_B = 0, \quad G\partial y / \partial z + K_{0\Gamma} a (y - y^*) = 0, \quad -L\partial x_A / \partial z - K_{0\text{ж}} a (x_A^* - x_A) = 0.$$

При достаточно большой высоте абсорбера процесс хемосорбции подчиняется всем трём механизмам в зависимости от высоты аппарата.

Динамические характеристики объекта, в соответствии с моделью идеального вытеснения (для случая, когда процесс во всей колонне протекает в диффузионной и диффузионно-кинетической областях, динамическая модель полностью совпадает с динамической моделью физической абсорбции):

1.  $G\partial y / \partial z + K_{\Gamma} a (y - y^*) = -H_{\Gamma} \partial y / \partial t, \quad L\partial x / \partial z + K_{\text{ж}} a (x^* - x) = -H_{\text{ж}} \partial x / \partial t.$

2.  $0 < x_B \leq x_{B, \text{кр}}, x_A = 0, \quad G\partial y / \partial z + \aleph K'_{\text{ж}} a x_{A, \text{гр}} = H_{\Gamma} \partial y / \partial t, \quad -L\partial x_B / \partial z + b \aleph K'_{\text{ж}} a x_{A, \text{гр}} = H_{\text{ж}} \partial x_{\text{ж}} / \partial t.$

3.  $G\partial y / \partial z + K_{\Gamma} a (y - y^*) = -H_{\Gamma} \partial y / \partial t, \quad L\partial x / \partial z + K_{\text{ж}} a (x - x^*) = -H_{\text{ж}} \partial x / \partial t.$

Представленные статические и динамические модели используются для решения задач оптимизации.

УДК 621.3

М.С. ПАНЮШКИНА, С. Г. САЖИН

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕАКТОРА ПОЛИЭТЕРИФИКАЦИИ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Основной задачей данной работы является оптимизация периодического реактора полиэтерификации алкидных смол с целью получения продукции заданного качества. Оптимизация процесса получения алкидной смолы состоит в том, чтобы при текущем составе



исходной смеси  $(x_1, x_2, \dots, x_5)$  подобрать такую температуру  $(T)$  и длительность  $(t)$  процесса полиэтерификации, при которых обобщенный критерий  $(I)$  имел бы максимальное значение:

$$I^* = \sup_{x \in D} I(x),$$

где  $D$  – множество допустимых решений задачи;  $I$  – критерий оптимальности.

В качестве обобщенного критерия используется

$$I(w, Y(x)) = \left[ \prod_i^s d_i^{w_i} \right]^{1/\sum w_i}. \quad (1)$$

Для решения поставленной оптимизационной задачи требуется наличие математических моделей.

Выбирается множественная нелинейная регрессия и уравнение задается в виде

$$Y_j = A_0^j + \sum_{k,l}^{7,7} A_{kl}^j X_k X_l + \sum_k^7 A_k^j X_k, \quad (2)$$

где  $j = 1, 2, \dots, 7$ .

Используя известные математические пакеты, в которых реализованы МНК, были получены после проверки значимости коэффициентов следующие уравнения.

Выход реакционной массы:

$$Y_1 = -429,732 + 91,753x_1 - 3,469x_3 + 30,851x_4 - 78,11x_5 - 4,33x_6 + 16,68x_1x_3 - 3,466x_1x_4 - 31,137x_1x_5 - 1,498x_3x_4 - 4,883x_3x_5 - 1,455x_4x_5 - 1,127x_1^2 + 4,839x_3^2. \quad (3)$$

Цвет алкидной смолы:

$$Y_2 = 1035,96 - 34,776x_1 - 54,506x_3 - 2,335x_4 - 98,002x_5 + 1,528x_6 + 1,042x_7 - 5,339x_1x_3 + 18,720x_1x_5 - 1,257x_3x_4 + 4,084x_3x_5 + 1,73x_4x_5 - 1,363x_3^2 + 5,274x_5^2. \quad (4)$$

Температура размягчения алкидной смолы:

$$Y_3 = -103,233 - 43,626x_1 - 26,038x_3 - 14,543x_4 - 25,371x_5 + 6,434x_6 - 8,089x_1x_3 + 2,472x_1x_4 + 14,749x_1x_5 + 1,296x_3x_4 - 2,408x_1^2 - 1,45x_3^2 - 1,143x_5^2. \quad (5)$$

Кислотное число:

$$Y_4 = -10,238 - 4,626x_1 - 29,036x_3 - 11,644x_4 - 23,37x_5 + 6,433x_6 - 8,079x_1x_3 - 2,48x_1x_4 + 14,737x_1x_5 + 3,246x_3x_4 + 2,408x_1^2 - 1,49x_3^2 - 1,143x_5^2. \quad (6)$$

Проверка адекватности осуществляется по критерию Фишера:  $F_{\text{наб}} = S_0^2 / S_{\text{д}}^2$ .

Если  $F_{\text{наб}} < F_{\text{кр}}$ , то нет оснований отвергать нулевую гипотезу. Сравнение  $F_{\text{наб}}$  и  $F_{\text{кр}}(\alpha, f_1, f_2)$  показало, что нулевые гипотезы не противоречат экспериментальным данным и можно утверждать, что модели (3–6) являются адекватными и соответственно, пригодными для прогнозирования.

Данные модели используются для формирования частных показателей качества и обобщенного критерия оптимизации (1) и решения задачи оптимизации, что позволит улучшить качество конечного продукта.

УДК 621.3

Н.П. ПЕСКОВ, С.В.ВИНОГРАДОВ

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА ЭТАНОЛАМИНОВ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Одной из основных задач химической технологии является создание новых высокоэффективных процессов и совершенствование уже действующих. Предлагается провести оптимизацию действующего производства этаноламинов.

Этаноламины получают путем насыщения концентрированного раствора аммиака окисью этилена и последующим фракционированием полученной смеси методом ректификации. Анализ непрерывного технологического процесса показал, что наиболее сложной задачей является получение целевого продукта надлежащего качества на стадии ректификации.

Процесс ректификации относится к широко применяемым процессам химической технологии. До настоящего времени ректификационные аппараты еще недостаточно автоматизированы, хотя некоторые узлы аппаратов управляются автоматически издавна.

Автоматическое регулирование позволяет материальный и тепловой балансы процесса ректификации вести экономичнее, точнее и интенсивнее, чем при управлении процессом вручную.

Автоматизация процесса ректификации представляет собой сложную инженерную задачу вследствие большого числа регулируемых параметров, их взаимной связи, сложной и недостаточно изученной динамики процесса. К тому же ректификационная колонна – объект управления со значительной инерционностью и временем запаздывания по каналам управления.

Многочисленность возможных путей решения этой задачи привела к созданию десятков вариантов схем регулирования, причем не всегда удачных. На сегодняшний день актуальным будет автоматическое управление ректификационной колонной с использованием математической модели для оптимизации системы.

Итак, показателями эффективности процесса являются составы выходных потоков (кубовая жидкость, дистиллят), содержащих целевой продукт. Применительно к непрерывному процессу ректификации поддержание заданного по технологическому регламенту состава целевого потока является целью управления процессом.

Трудности в одновременной стабилизации состава кубовой жидкости и дистиллята могут быть преодолены путем управления по возмущению с использованием математической модели ректификационной колонны. Принципы и понятия математического моделирования в последнее время получили существенное развитие, связанное с интенсивным применением информационных технологий и вычислительной техники.

Таким образом, главнейшими этапами оптимизации являются выбор критерия оптимальности и составление математической модели ректификационной колонны.

В качестве критерия оптимальности могут быть рассмотрены себестоимость продукции, производственные затраты, время окупаемости или комплексный критерий – разделительная способность колонны и энергетические затраты. Математическая модель колонны образуется при помощи некоторой системы математических выражений, которые отображают свойства объекта, проявляемые им в экспериментальных или в производственных условиях. Иными словами, математическая модель – математическое описание взаимосвязи параметров, влияющих на работу колонны, таковым является основное уравнение массопередачи.

Решение математической модели будет реализовано сначала в форме алгоритма решения, а затем – в форме программы, пригодной для расчета на ЭВМ.

УДК 621.3

А.И. ПЕСТРЕЕВ

### **ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕНОСА ПРОБНОГО ГАЗА ПРИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОМ СПОСОБЕ КОНТРОЛЕМ ЩУПА**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Масс-спектрометрический метод течеискания применяют при контроле герметичности, а также при проведении испытаний на герметичность. Метод течеискания основан на обнаружении пробного вещества в смеси веществ, проникающих через течи, путем ионизации веществ с последующим разделением ионов по отношению их массы к заряду под дей-

ствием электрического и магнитного полей. Основным пробным веществом является инертный газ — гелий. При локализации течи масс-спектрометрическим методом течеискания контролируемый объект заполняют пробным газом (контрольной средой) под избыточным давлением. Течи обнаруживают сканированием поверхности объекта щупом течеискателя.

Программное обеспечение вторичной обработки информации базируется на знаниях модели дефектоскопического сигнала. Вторичная обработка информации предполагает использование связей между параметрами течей и параметрами формализованного дефектоскопического сигнала. Эти связи можно найти на основе изучения модели дефектоскопического сигнала. Последняя может быть получена экспериментально или аналитически. Необходимость в математическом моделировании процесса контроля вызвана необходимостью оптимизации конструктивно-технологических параметров устройств локализации течи (УЛТ), производимой на стадии их проектирования.

Известно, что модель дефектоскопического сигнала описывается уравнениями изменения концентрации или парциального давления пробного газа в преобразователе утечки, которые учитывают процесс переноса пробного газа от источника пробного газа до преобразователя утечки. Модель дефектоскопического сигнала будет зависеть не только от количества отбираемой пробы, но и от области отбора, поскольку пробный газ неравномерно распределен в пространстве. В связи с этим возникла необходимость в аналитическом изучении процессов газовой динамики, протекающих в устройствах локализации течей, реализующих способ щупа при накоплении утечки пробного газа.

В результате чего будут установлены аналитические зависимости, связывающие чувствительность и динамические характеристики испытательной системы с ее параметрами и позволяющие прогнозировать изменение дефектоскопического сигнала во времени.

УДК 621.3

Т.А. РЯБКОВА, В.П. ЛУКОНИН, И.А. ЛИПИН

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИВИНИЛАЦЕТАЛЕЙ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Система синтеза поливинилацеталей состоит из следующих технологических стадий.

Стадия приготовления водного раствора поливинилового спирта осуществляется в реакторе периодического действия 1. Происходит перемешивание требуемого количества химоочищенной воды и ПВС. Скорость вращения вала мешалки должна составлять не менее 80 об/мин. Основным контуром регулирования является поддержание заданной температуры в реакторе (60-70°C) для избежания кристаллизации раствора.

Стадия синтеза поливинилацеталей осуществляется в реакторе периодического действия 2. После охлаждения раствора ПВС до 5-20°C в реактор синтеза загружается требуемое количество катализатора. В качестве катализатора используются минеральные кислоты. После загрузки катализатора производится дозировка в реакционную массу альдегида. Дозирование осуществляется по уровню в реакторе 2.

Стадия нейтрализации, промывки и выделения продукта производится на друк-фильтре 3.

Стадия сушки сополимера производится в аэрофонтанной сушилке 4.

Процесс характеризуется низким уровнем автоматизации. Использование лабораторных методов контроля и ручного дозирования основных компонентов приводят к нестабильному качеству конечного продукта.

Процесс получения поливинилацеталей является периодическим процессом, следовательно, стоит задача программно-логического правления и стабилизации параметров конечных продуктов каждой стадии. Практически каждая стадия производства заканчивается

лабораторным анализом полученного сырья, что увеличивает общее время, затраченное на производство, и уменьшает общую производительность установки. Необходимость лабораторного контроля связано в первую очередь с отсутствием датчиков для контроля необходимых параметров.

Следовательно, необходимо создание виртуальных приборов, способных по косвенным данным процесса определить необходимые параметры качества промежуточных продуктов.

Использование виртуального контроля для измерения параметров качества основных сред возможно с использованием моделей стадий процесса, которые будут уточняться в процессе функционирования установки.

Созданная модель может быть использована не только для определения параметров процесса, но и для управления, подбора оптимальных настроек регуляторов и прогнозирования аварийных ситуаций.

Анализ производства показал наличие существенных резервов для автоматизации и оптимизации процесса за счет совершенствования системы управления производством поливинилацеталей.

Разрабатываемая система управления позволит:

- увеличить надежность производственного процесса, сведя к минимуму возникновение аварийных ситуаций;
- улучшить качество конечной продукции за счет оптимизации процесса получения и непрерывного контроля параметров продукции на основных стадиях производства;
- уменьшить износ технологического оборудования и минимизировать время проведения основных стадий процесса получения поливинилацеталей.

УДК 621.3

А.А. СИБИРКИНА

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОРИОЛИСОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

В работе выполнен анализ кориолисовых расходомеров, которые широко применяются в пищевой и химической промышленности.

Кориолисовыми называются расходомеры, в преобразователях которых под влиянием силового воздействия возникает кориолисово ускорение, зависящее от расхода. Для образования этого ускорения непрерывно вращающемуся преобразователю расхода придают конфигурацию, заставляющую поток перемещаться в радиальном направлении по отношению к оси вращения, совпадающей с осью трубопровода.

Система измерения кориолисового расхода включает в себя сенсор (изогнутую трубу) и преобразователь сигнала (датчик).

Принцип действия данного расходомера следующий.

Сенсорная труба внутри корпуса колеблется с собственной частотой. Она приводится в движение электромагнитной катушкой, расположенной в центре изгиба трубы. Колебания трубы подобны колебаниям камертоны и имеют амплитуду менее 1 мм и частоту примерно 80 циклов в секунду. На жидкость, протекающую через колеблющуюся трубу, действует сила Кориолиса. Это приводит к закручиванию трубы.

Исходя из второго закона Ньютона, ее угол закручивания прямо пропорционален количеству жидкости, проходящей через трубу в единицу времени. С каждой стороны трубы расположены электромагнитные детекторы, измеряющие скорость ее колебания. Массовый расход определяется путем измерения временной задержки между сигналами детекторов. При отсутствии потока закручивание трубы не происходит и между сигналами детекторов нет временной разности.

При наличии потока труба закручивается, при этом возникает разность во времени в поступлении двух сигналов по скорости. Эта разница прямо пропорциональна массовому расходу.

На практике расходомеры PROMASS имеют две параллельные "качающиеся" трубки. Это сделано с целью лучшей балансировки узла измерения. Необходимо отметить, что трубка вибрирует с достаточно высокой частотой (в сотни герц). При такой частоте колебаний прибор совершенно нечувствителен к внешним низкочастотным механическим воздействиям типа ударов по корпусу и т.п. Помимо этого, измерительный узел не имеет никаких шарниров, подшипников, трущихся деталей. Это делает расходомер чрезвычайно долговечным и мало подверженным уходу характеристик во времени.

Наиболее совершенными кориолисовыми расходомерами являются PROMASS - 80F и PROMASS-83.

В зависимости от назначения систем учёта приборы различаются по производительности и диаметру фланцевого соединения.

Из большого количества расходомеров можно выбрать необходимый для решения конкретной задачи управления технологическим процессом.

Дальнейшее развитие кориолисовых расходомеров пойдет по пути совершенствования конструктивных схем и функциональных возможностей, т.е. улучшения метрологических характеристик, благодаря применению микропроцессорной техники: разработке и использованию специализированных микропроцессорных преобразователей, позволяющих корректировать как характеристики самих датчиков расхода, так и показания по одному или нескольким параметрам.

УДК 621.3

С.П. СМИРНОВ, Н.А. БАХМЕТОВА

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

По мере развития компьютерных систем становится все более очевидным, что использование этих систем намного расширится, если станет возможным использование человеческой речи при работе непосредственно с компьютером, и, в частности станет возможным управление машиной обычным голосом в реальном времени, а также ввод и вывод информации в виде обычной человеческой речи.

Речь — это одно из первых проявлений грубого неоткристаллизовавшегося мира реальных сенсорных данных, с которыми сталкивается человек после своего рождения. Эти данные являются зашумленными, в буквальном смысле слова: в них может присутствовать не только фоновый шум, но и помехи, возникающие в процессе самого преобразования в осознаваемую человеком форму, слова иногда произносятся по-разному, даже одним и тем же говорящим, различные слова могут звучать одинаково и т.д.

Одна из важнейших и труднейших задач, решаемых создателями систем распознавания речи, заключается в поиске выделения из слитной речи отдельных лексических элементов – фонем, аллофонов, слогов, морфем и т.д. От того, насколько эффективно будет решена эта задача, самым непосредственным образом зависит качество распознавания речи.

Для данной проблемы на сегодняшний день разработаны системы, основанные на методиках обработки голосовых меток. Такие системы зависимы от используемого словаря, и при смене диктора необходимо создания нового словаря. В этих системах высока вероятность ошибки.

Искусственные нейронные сети наиболее эффективно решают задачу распознавания речи и лишены многих недостатков, присущих существующим методам решения данной проблемы. Искусственные нейронные сети, созданные в виде компьютерных моделей, с успехом справляются с задачей распознавания речи. Они обучаемы, и их можно легко приспособить к решению многих практических задач, связанных с распознаванием речи, управлением различного рода машинами и устройствами, прогнозированием событий и т.д.

УДК 621.3

Е.Г. СОБОЛЕВА, Э.М. МОНЧАРЖ

## **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ СТИРОЛ-АКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ НА СТАДИИ СИНТЕЗА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Работа посвящена созданию оптимального управления одного из этапов получения стирол-акриловой дисперсии.

Процесс получения стирол-акриловой дисперсии основан на методе эмульсионной сополимеризации стирола, бутилакрилата, метакриловой кислоты и акриламида. Процесс состоит из нескольких стадий. Наиболее важной является стадия синтеза стирол-акриловой дисперсии, состоящей из нескольких последовательных операций.

Процесс получения стирол-акриловой дисперсии – это многостадийный периодический процесс, возникает необходимость разработки для данного производства системы автоматизации. Особый интерес с точки зрения автоматизации (оптимизации) представляет стадия синтеза.

В ходе работы предлагается:

- модернизация существующего технологического процесса производства стирол-акриловой дисперсии, точнее стадии синтеза стирол-акриловой дисперсии;
- улучшение отдельных параметров технологического процесса;
- автоматизация процесса загрузки исходных веществ в реактор. Необходим подбор соответствующих расходомеров и отсечных клапанов для остановки подачи веществ;
- оптимизация системы управления подачи компонентов (ПЭМ, ПСА) на стадии синтеза. Для этого необходимо составить теоретическую модель процесса, которая основывается на уравнении теплового баланса.

На производимый продукт (стирол-акриловую дисперсию) на предприятии существуют свои технические условия, в которых указываются допустимые пределы показателей качества. Их довольно много, но основными показателями являются массовая доля основного вещества (сухого остатка), остаточного мономера и pH полученной дисперсии. Данные характеристики важны, потому что стирол-акриловая дисперсия не является конечным продуктом, а применяется при производстве красок, клеев и является важной их составляющей.

Синтез дисперсии идёт при выделении тепла (экзотермическая реакция).

Для решения поставленных задач возможны два пути:

1. Регулирование по скорости протекающего процесса. Для этого математическое описание процесса сополимеризации должно включать уравнение теплового баланса.
2. Для оптимального управления. Здесь математическое описание процесса сополимеризации должно включать уравнение кинетики процесса, а также уравнения материальных балансов.

А.И. ГАЛКИНА

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ В ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ КАМЕРЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОЗОНО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Озонотерапия является новым немедикаментозным методом лечения, который заслуженно получает все большее распространение во всем мире и по праву считается медициной XXI века. Лечение озono-кислородными смесями представляет качественно новое решение актуальных проблем лечения многих заболеваний. Это связано со свойствами озона оказывать влияние на транспортировку и высвобождение кислорода в ткани, его дезинфицирующим действием.

Современный медицинский озонатор представляет собой генератор озона регулируемой концентрации с автоматическим поддержанием задаваемого расхода выходной озono-кислородной смеси. Регулировка концентрации озона осуществляется изменением частоты следования и числа импульсов в пакете.

Широко используются озонаторы на основе электрического разряда, так как при импульсном питании позволяют производить озон в широком диапазоне концентраций и обеспечивают возможность осуществления строго дозозависимой индивидуальной озонотерапии.

Получение озона в барьерном разряде осуществляют в специальных камерах, состоящих из двух электродов и диэлектрика (обычно стекло). Между электродами, разделенными диэлектриком, имеется зазор от 2 до 3 мм, через который продувается воздух или чистый кислород. На электроды подается переменный ток высокого напряжения от 10 до 20 кВ.

Эффективность работы разрядной камеры определяется многими факторами (например, электрическими характеристиками, температурой, свойствами газа, из которого получают озон и т.д.), влияющими на эффективность процесса диссоциации кислорода и скорость обратных реакций гибели озона в разрядной камере озонатора.

За счет реакции образования озона из кислорода и электрического разряда между барьерами температура газа повышается. Процесс разложения озона ускоряется с ростом температуры, поэтому происходит обратная реакция – реакция распада озона, а следовательно, снижается производительность по озону.

Кинетика электросинтеза озона с учетом процесса его образования и реакции разложения описывается дифференциальным уравнением:

$$dx/dt = k_0 - k_1 x,$$

где  $x$  – концентрация озона (объемный процент);  $k_0$ ,  $k_1$  – константы образования и разложения озона соответственно.

Проведены экспериментальные исследования разрядных камер с целью установления влияния температуры на выход озono-кислородной смеси. Опыт показал, что происходит разброс значений концентрации с ростом температуры.

В докладе представлены различные конструктивные исполнения камер для получения озона в барьерном разряде, рассмотрены их достоинства и недостатки. Также представлены методика эксперимента, экспериментальные данные, анализ представленных результатов и способ уменьшения температуры в разрядной камере, основанный на оптимизации режима обдува электродов.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОВ В КАНАЛЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В настоящее время зенитно-ракетный комплекс (ЗРК) С-300 является одним из основных комплексов ПВО российской армии. Возникла необходимость модернизации С-300 с целью увеличения дальности.

При рассмотрении вопроса о модернизации системы важнейшим моментом является энергопитание системы автоматического управления (САУ). Она питается от ампульной батареи, ресурс которой ограничен. Сокращение энергопотребления системы позволит обеспечить увеличение продолжительности её работы и, как следствие, увеличение дальности.

Наиболее крупным потребителем электроэнергии на борту является рулевой привод (РП), входящий в систему автоматического управления. В большинстве систем существуют колебания рулевых поверхностей в пределах от нулевого положения, что само по себе не является дефектом в работе системы, но при этом потребляется значительная энергия.

Для определения причин колебания рулевых поверхностей была использована установка для исследования сигналов с помощью программы LabVIEW. Исследованы все каналы сигналов, поступающих для управления РП. Такими каналами являются:

- канал датчиков угловых скоростей (ДУС);
- канал датчиков линейных ускорений (ДЛУ);
- канал свободных гироскопов (СГ);
- канал управления в режиме самонаведения (СН).

В результате исследования было установлено, что причиной колебания является канал ДУС: наличие шума на выходе этих датчиков. При первичном анализе он имеет характеристику белого шума.

Причины возникновения белого шума на выходе датчика:

- 1) несоосность сочленения половин корпуса ДУС;
- 2) радиальные зазоры в подшипниках гироузла и гиромотора;
- 3) погрешности в выставке осевого зазора гироузла из-за неточного сочленения половин;
- 4) асимметрия магнитного поля датчика момента из-за разброса магнитных свойств материала магнита;
- 5) погрешности при установке катушек датчика момента и датчика угла.

Для исследования названных причин был применён метод спектрального анализа. Было взято 10 датчиков угловых скоростей. Во всех датчиках измерялся один параметр: нулевой сигнал. Из всех проведенных измерений было установлено, что на значения амплитуды и частоты белого шума значительное влияние оказывают два фактора: неправильная регулировка осевого зазора и величина несоосности гироузла. Все остальные факторы оказывают незначительное влияние.

Исходя из того, что величина порогов чувствительности усилителя мощности РП устанавливается при настройке в пределах 80-100 мВ, то при данном значении спектральной мощности, которая попадает в полосу пропускания канала, РП начинает работать, причем амплитуда его колебаний зависит от распределения огибающей спектра в полосе пропускания. При значениях шумов более 60 мВ возникает значительное потребление тока ампульной батареи, что приводит к сокращению времени её действия, и, как следствие, нарушению электропитания САУ.

Следовательно, при контроле ДУС необходимо при сборочной операции сочленения половинок корпусов контролировать значения нулевого сигнала ДУС в пределах не более 60 мВ с учетом шумов.



**ПОДАВЛЕНИЕ РАДИОПОМЕХ В ДАТЧИКЕ УСИЛИЯ  
ОГРАНИЧИТЕЛЯ НАГРУЗКИ КРАНА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Одной из главных проблем, которую приходится решать при разработке ограничителя нагрузки подъемного крана, является устойчивость к воздействию электромагнитных помех, возникающих в различных условиях работы (на железных дорогах вблизи контактных линий, на электростанциях, вблизи теле- и радиостанций и т.д.).

Помехи могут проникать в аппаратуру при наличии длинных соединительных линий, через цепи питания и контур заземления, а также вследствие наводки электромагнитным полем на несимметричные (или плохо отсимметрированные) соединительные пары. Кондуктивные помехи, возникающие при работе коммутирующих элементов, приводов, устраняются программным путем и схемотехническими средствами, к которым относятся помехоподавляющие элементы и устройства. От радиопомех, влияние которых проявляется при работе радиостанций и телевизионных передатчиков, избавиться гораздо сложнее, нежели от кондуктивных. Это обусловлено широким диапазоном частот, в которых работают теле- и радиопередатчики, и тем, что теле- и радиосигналы являются высокочастотными сигналами, модулированными сигналами низкой частоты. Ситуация усугубляется еще и повсеместным использованием радиостанций (включая переносные), в том числе и на кранах.

В результате проведения экспериментальных исследований было установлено, что наибольшее влияние радиопомеха оказывает на датчик усилия. Это связано с тем, что незначительная помеха, которая наводится в длинных линиях передачи, проходя через усилитель в датчике усилия, становится в  $n$  раз больше. Так как уровень сигнала помехи на входе усилителя сопоставим с уровнем полезного сигнала, а при отсутствии усилия может его превышать, то вместо полезного сигнала на выходе усилителя получаем усиленный сигнал помехи. Присутствие одновременно высоко- и низкочастотной помех не позволяет применить только один из способов подавления помех. К тому же некоторые методы устранения низкочастотных помех ослабляют защиту от высокочастотных помех, например способы заземления. Применение фильтров (конденсаторов, дросселей) не всегда дает эффект, так как конденсаторы и дроссели по-разному ведут себя на низких и высоких частотах. Использование сложных фильтров ведет к существенному увеличению габаритов и стоимости датчика.

Следовательно, подавление помех в датчике усилия может быть реализовано в двух вариантах: путем разработки усилителя с оптимальными характеристиками для известной классической схемы и разработки принципиально новой схемы с улучшенным соотношением полезного сигнала к уровню шума на входе.

В докладе представлен вариант такой схемы, в которой уровень шума уменьшен в результате изменения принципа измерения аналоговой схемы. В классической схеме с помощью аналого-цифрового преобразователя измеряется напряжение разбаланса тензомоста, усиленного нормирующим усилителем, а в предлагаемой схеме при помощи времяцифрового преобразователя измеряется соотношение сопротивлений тензорезисторов в спокойном и растянутом состоянии при неизменном номинале конденсатора. Такой подход позволяет отказаться от аналогового усиления сигналов и исключить усилитель из датчика, в результате чего влияние радиопомехи исключается.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ НОРМАЛИЗАЦИИ ЭКСТРАКТОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В настоящее время задача повышения качества и конкурентоспособности отечественных шин является очень актуальной. В качестве технологических масел для промышленности синтетикаучуков и производства шин (масла-наполнители и пластификаторы), используются побочные продукты нефтепереработки – экстракты селективной очистки масел без дополнительной очистки.

Очистка производится селективными растворителями. В основе производства очищенных дистиллятных ароматических экстрактов (ОДАЕ) «НОРМАН-346» лежит процесс непрерывной противоточной экстракции нефтяного экстракта (или смеси нефтяных экстрактов) диметилсульфоксидом от «тяжёлых» (асфальто-смолистых и полициклических ароматических и т.п.) углеводородов с последующей регенерацией растворителя.

Основной процесс экстракции протекает в насадочной экстракционной колонне.

За счет разности плотностей растворитель ДМСО движется сверху вниз противотоком по отношению к сырью, при этом происходит постепенное очищение экстракта (смеси экстрактов) от полициклических соединений и частично смол. Экстрактный раствор представляет собой раствор ПЦА и смол (ФНЭТ) в ДМСО, рафинатный раствор – смесь очищенного от ПЦА масла (нормализат) с некоторым количеством ДМСО.

Из рафинатного раствора примеси ДМСО удаляются методом отгонки в роторно-плёночном испарителе, оставшийся рафинат является товарным продуктом – НОРМАН-346. Тяжёлая фракция экстракта (ФНЭТ) увлекается ДМСО в экстрактный раствор, из которого ДМСО выделяется методом многоступенчатой отгонки для повторного использования в экстракционной колонне. ФНЭТ является побочным продуктом процесса, используется в качестве компонента котельного топлива или сырья при производстве битумов.

Система управления должна решать следующие задачи:

- обеспечить качество целевого продукта (НОРМАН-346);
- обеспечить соблюдение комплекса мер по исключению разложения растворителя (ДМСО), связанного с термонеустойчивостью;
- обеспечить заданную технологию производства;
- обеспечить сокращение времени переходных процессов;
- система отчетов;
- система диагностики неисправностей;
- аварийные и технологические сообщения;
- архивирование данных.

В ходе этой работы были решены несколько интересных задач.

1. Адаптивное управление процессом нормализации экстрактов с использованием математической модели.

2. Реализация каскадных регуляторов в комплексе с комбинированным управлением по возмущению и отклонению для обеспечения задачи регулирования вязкости.

3. Применение и развертывание системы автонастройки ПИД-регуляторов PID Self-Tuner V5 для медленнопротекающих процессов, обладающих длительными переходными характеристиками.

**АЛГОРИТМ НАЧАЛЬНОЙ АЗИМУТАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ  
ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ИНКЛИНОМЕТРА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Объектом исследования в работе является гироскопический инклинометр ИГН73-100/80, выпускаемый ОАО АНПП "Темп-Авиа" (г. Арзамас).

Скважинный прибор инклинометра содержит гиросtabilизированную платформу, на которой установлены два акселерометра со взаимно перпендикулярными осями чувствительности и двухкомпонентный индикаторный трехстепенный гироскоп, на базе одного канала которого выполнен одноосный гиросtabilизатор, а другой используется в режиме датчика угловой скорости (ДУС).

Алгоритм работы гироскопического инклинометра основан на численном методе решения уравнения Пуассона, широко используемого в навигационных системах, и предполагает знание начального положения скважинного прибора (системы координат, связанной с блоком датчиков информации) относительно географической системы координат. Первичное положение прибора определяется в процессе начальной азимутальной ориентации (начальной выставки).

Погрешность измерения траектории скважины с помощью гироскопического инклинометра складывается из двух составляющих:

погрешности, обусловленной точностью определения начальной ориентации прибора в горизонте и азимуте;

накапливающейся во времени ошибки, обусловленной дрейфом гироскопа в процессе движения прибора в скважине.

Причем доля погрешности начальной выставки в суммарной погрешности определения траектории скважины может достигать 80%. Это объясняет актуальность работ, направленных на минимизацию погрешности начальной выставки.

Предлагаемый алгоритм начальной выставки позволяет при использовании малогабаритного гироскопа средней точности, но высокой чувствительности, производить азимутальную ориентацию с точностью не более одного градуса.

Алгоритм начальной выставки основывается на измерении горизонтальной составляющей угловой скорости вращения Земли в проекции на вращающуюся с постоянной угловой скоростью ось чувствительности ДУС. По результатам измерения формируется эталонная модель измеряемой угловой скорости, методом минимизации фазового сдвига между эталонным значением угловой скорости и измеренным определяется угол поворота корпуса скважинного прибора относительно направления на север. Вращение оси чувствительности ДУС в режиме начальной выставки выполняется на угол больший, чем  $360^\circ$  (при апробации алгоритма платформа разворачивалась на два полных оборота –  $720^\circ$ ). Это позволяет, осуществляя определенную выборку из общего массива данных, рассчитать несколько десятков и даже сотен значений угла между корпусом прибора и направлением на север. При этом закон распределения случайной величины (значение угла корпус-север) в общем случае неизвестен и для разных инклинометров может быть различным. Особенность алгоритма заключается в статистической обработке рассчитанного массива значений углов корпус-север с целью повышения достоверности проведенных измерений.

С целью апробации разработанного алгоритма были проведены лабораторные испытания гироскопического инклинометра. По результатам нескольких циклов начальной выставки на поверочном стенде ошибка ориентации прибора составила не более  $0,33^\circ$ , что подтверждает заявляемое повышение точности азимутальной ориентации.

### **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОЛУЧЕНИЯ АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,  
Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

БМК-5 – сополимер бутилметакрилата с метакриловой кислотой. В промышленности БМК-5 получают путем эмульсионной полимеризации мономерной среды (тщательно перемешанной смеси мономеров).

Процесс производства БМК-5 состоит из следующих стадий:

- приготовления мономерной среды;
- приготовления дисперсионной среды;
- сополимеризации;
- выделения и промывки продукта;
- сушки продукта;
- отсева и упаковки продукта.

Объектами управления являются установки синтеза и сушки.

Целью оптимального управления является нахождение таких режимов работы, при которых издержки производства будут минимизированы, при стабилизации качества продукции на заданном уровне.

В связи с этим ставится задача разработки комплексного критерия оптимальности. Он составляется из критериев оптимальности использования сырья, энергоресурсов и других элементов. Также следует принять в расчеты продолжительность технологических процессов с целью сокращения времени производственного цикла. Максимум функции комплексного критерия определяет оптимальный режим и, следовательно, настройки регуляторов.

Для определения функций критериев оптимальности необходимо построить математическую модель объекта управления, которая основывается на следующих балансовых уравнениях:

- на уравнении материального баланса;
- теплового баланса;
- кинетики.

Для определения неизвестных констант в этих уравнениях необходимо провести ряд экспериментов.

Следует отметить, что в производстве БМК-5 используются взрывоопасные вещества, также процесс полимеризации сопровождается выделением большого количества тепла – все это предъявляет к качеству управления и надежности функционирования АСУТП высокие требования.

Таким образом, применение комплексного критерия оптимальности позволяет наиболее эффективно использовать ресурсы и сократить время производственного цикла, что приведет к увеличению прибыли.

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕКТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Алексеева)

В зависимости от требований технического задания при конструировании интегральных акселерометров могут быть использованы различные принципы построения: принцип прямого измерения ускорений и принцип измерения с силовой компенсацией. В большинстве

случаев передаточная функция датчиков компенсационного типа сводится к следующему виду:

$$W_{\text{акс}}(s) = \frac{W_{\text{чЭ}}(s)W_{\text{ПУ}}(s)W_{\text{УС}}(s)W_{\text{Ф}}(s)W_{\text{КУ}}(s)}{1 + W_{\text{ПУ}}(s)W_{\text{УС}}(s)W_{\text{Ф}}(s)W_{\text{КОР}}(s)W_{\text{ОС}}(s)},$$

где  $W_{\text{ОС}}(s)W_{\text{чЭ}}(s)W_{\text{ПУ}}(s)W_{\text{УС}}(s)W_{\text{Ф}}(s)W_{\text{КУ}}(s)$  – соответственно передаточные функции обратной связи, чувствительного элемента, подвижного узла, блока электроники (усилителя), фильтра и корректирующее устройство.

Неизвестной является передаточная функция корректирующего устройства. При проектировании необходимо, во-первых, определить функцию, выполняемую корректирующим устройством таким образом, чтобы оптимизировать характеристики акселерометра при демпфировании в электрическом контуре. Во-вторых, корректирующее устройство должно повысить точность акселерометра в статике за счет придания ему астатизма, а для этого в корректирующее устройство, включаемое в прямую цепь контура акселерометра, должен входить интегратор. Естественно при этом сила отработки должна быть достаточной. В ходе выполнения работы выбор был сделан в пользу пропорционально-интегрального-дифференциального регулирования (ПИД-регулятор).

Предложено два подхода для нахождения параметров ПИД-регулятора.

Первый основан на методе минимума среднего квадрата динамической ошибки датчика при анализе реакции на единичное ступенчатое воздействие. Оптимизация осуществлялась методом стохастического поиска при статистическом моделировании (методом Монте-Карло). К достоинствам следует отнести оптимальный выбор коэффициентов ПИД-регулятора за счет поиска минимума СКО. Однако метод в том виде, в котором он предлагается, эффективен для достаточно простых задач. Указаны пути улучшения работы программы для более сложных систем путем введения дополнительных ограничений при поиске оптимального решения.

Второй способ основан на теоретическом подходе к решению поставленной задачи: на подборе коэффициентов ПИД-регулятора таким образом, чтобы нули и полюса передаточной функции системы совпадали. Метод прост и эффективен, что подтверждает и программная реализация, и моделирование в *Simulink*. К недостаткам можно отнести то, что выбор коэффициентов не является оптимальным. Однако для решения поставленной задачи получаемые результаты можно считать удовлетворительными, требования, предъявляемые к датчику, выполняются.

В докладе приводятся несколько вариантов схем с разными фильтрами для улучшения фильтрации сигнала и сведения соотношения шум/полезный сигнал к допустимому уровню, соответствующему предъявляемым требованиям.

УДК 621.3

Р.В. ЩЕРБАКОВ

## **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Интеллектуальные датчики давления – это наиболее широко используемый в промышленности вид датчиков и в тоже время наиболее перспективный в виду наличия множества функций и возможности добавления новых и совершенствования текущих.

Разработкой интеллектуальных датчиков занимаются такие известные западные фирмы, как Fisher-Rosemount, Druck, Siemens, Honeywell, Yokogawa и другие.

Им удалось создать высокоточные функционально развитые приборы, пригодные для применения в аналоговых и цифровых системах. Успех этой продукции у потребителей был настолько большим, что многие производители датчиков не только на Западе, но и у нас (промышленная группа "Метран") делают основную ставку на разработку и производство интеллектуальных датчиков.

Чтобы обеспечить производство полноценной импортозамещающей продукции, необходимо предлагать продукцию, отличающуюся аналогичными или лучшими характеристиками, учитывая, что установленная планка находится на очень высоком уровне.

Следовательно, целесообразно оценить возможные направления совершенствования интеллектуальных датчиков.

В качестве первого направления выделим создание новых многофункциональных чувствительных элементов (ЧЭ) на базе пьезокерамических материалов, характеристики которых стабильны к воздействию внешних факторов и прежде всего температуры окружающей среды. Без решения соответствующих материаловедческих и конструктивно-технологических проблем трудно рассчитывать на построение перспективных интеллектуальных датчиков давления (ИДД) с необходимыми техническими характеристиками.

Вторым направлением является повышение достоверности результатов измерений интеллектуальных датчиков в процессе работы в системе. В настоящее время проблема решается преимущественно в результате использования высокоточного измерительного оборудования и максимально возможной автоматизации процесса измерений в процессе производства.

Третье направление заключается в разработке и применении более точных и разнообразных методов обработки измерений, обеспечивающих как повышение точности измерений, так и расширение функциональных возможностей ИДД.

Четвертое – это реализация в ИДД алгоритмических и программно-аппаратных средств мягкой интеграции в компьютерные системы без ухудшения характеристик последних.

Пятое – повышение надежности, снижение энергопотребления и уменьшение массогабаритных характеристик без ухудшения точности и достоверности измерений.

Существует множество путей эффективного решения проблем в рамках перечисленных направлений.

На основании изложенного можно сделать вывод, что в настоящее время в России существует возможность создать на современной базе конкурентоспособные интеллектуальные датчики давления, отличающиеся более совершенным алгоритмическим и аппаратным обеспечением.

Такие ИДД, наряду с высокой точностью измерений и преобразований, будут иметь развитые функциональные возможности, способность интегрироваться в сетевые структуры, низкие энергопотребление и массогабаритные характеристики.

УДК 531.787

С.Н. БАРЫШЕВ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА ДАЛЬНОСТИ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В настоящее время бесконтактное измерение расстояния до различных объектов используется во многих сферах деятельности: контроль дистанции между автотранспортом при его движении в условиях недостаточной видимости на небольших скоростях, датчики парковки, измерение уровня заполнения резервуаров жидким веществом, контроль размеров продукции и другое. Практическая реализация устройств, выполняющих данную задачу, на сегодняшний день представлена несколькими вариантами конструкций, в основе которых лежат ультразвуковой, оптический, индуктивный принципы работы.

Выбор ультразвукового прибора в качестве объекта исследования объясняется рядом причин. К ним относятся сравнительная простота излучения и приёма колебаний, отсутствие механически подвижных элементов, практически мгновенная готовность к работе после включения, нечувствительность к электромагнитным полям, относительно малая длина волны и, как следствие этого, относительная простота их направленной передачи, возможности локализации энергии колебаний.

На сегодняшний день промышленностью выпускаются множество вариантов ультразвуковых дальномеров. Принцип действия подобных устройств один. Он основан на том, что информация о расстоянии до контролируемого тела, точнее, некоторой отражающей зоны, принадлежащей поверхности контролируемого тела, определяется временным запаздыванием принимаемого сигнала относительно излучаемого. Звуковые волны распространяются в воздушной среде с определенной скоростью, поэтому по задержке прихода отраженного сигнала можно с достаточной степенью точности судить, на каком расстоянии находится тот предмет, который отразил звук.

Целью данной работы является проверка теории, касающейся излучения, распространения и отражения ультразвука, и сопоставление её с практическими результатами. Для этого был создан макет ультразвукового дальномера и проведен ряд измерений. В результате были построены графики теоретической и практической зависимости уровня сигнала на ультразвуковом приемнике от расстояния до объекта измерения. В рабочем интервале данные графики практически полностью совпали, что свидетельствует о правильности теоретических выводов. При создании макета была упрощена конструкция устройства, что положительно влияет на его конечную себестоимость и не сказывается на точностных характеристиках прибора. Был рассчитан коэффициент усиления сигнала для детектора. Также в ходе эксперимента была проверена степень затухания и поглощения ультразвука от различных объектов. Конечная схема устройства предполагает в простейшем случае наличие звукового индикатора в качестве устройства, сигнализирующего о расстоянии до объекта. В более сложной конструкции может присутствовать жидкокристаллический дисплей, отображающий в цифровом виде необходимую информацию. Основная разница в реализации данных схем будет заключаться в программе микроконтроллера, управляющего всем устройством. Основную погрешность в результат измерения вносит температура. Для уменьшения температурной погрешности предлагается использовать генератор эталонных импульсов с температурно-зависимой частотой, а в корпусе прибора разместить датчик температуры.

УДК 531.787

Р. А. ДЕНИСОВ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В настоящее время основную роль в системах контроля параметров играет датчиковая аппаратура в микроэлектронном исполнении. Одним из средств измерений являются интегральные датчики давления, предназначенные для преобразования давления рабочих сред в электрический сигнал.

В связи с большим количеством факторов, влияющих на погрешность измерения и деградацию информационной эффективности интегрального датчика давления, не может быть разработан какой-то один универсальный метод, обеспечивающий решение всех задач по повышению точности, надежности и, как следствие, стабильности.

Термин "стабильность" (от латинского *stabilis* - устойчивый, постоянный) определяется как сохранение устойчивого состояния системы, процесса или параметра во времени. Он означает не только неизменность, но и способность системы (процесса, параметра) сохранять

данное состояние, которое является нормой для нее, стремление сохранить это состояние и способность возвращаться в это состояние в случае дестабилизирующих воздействий извне. Термин используется как для описания состояния системы, так и для её отдельных элементов или подсистем.

Исследуя интегральный датчик давления, следует его рассматривать как систему, состоящую из отдельных узлов. Стабильность выходных характеристик ИДД складывается из суммы стабильностей каждого узла, который в свою очередь подвержен влиянию дестабилизирующих факторов (температура, вибрация, радиация и др.).

Основным узлом конструкции интегрального датчика давления, на который оказывается наибольшее воздействие со стороны дестабилизирующего фактора, является чувствительный элемент интегрального датчика давления.

В ходе исследования выявлено, что основным дестабилизирующим фактором является температура, которая вносит существенную погрешность в результаты измерений. Однако не всегда можно полностью свести действие этого фактора к пренебрежимо малому значению, не влияющему на результат измерения, так как его действие происходит в двух режимах: статическом (значение температуры медленно меняется с течением времени) и динамическом (значение температуры изменяется быстро с течением времени).

В ходе исследования рассмотрена методика учета дополнительной температурной погрешности на примере современных интегральных датчиков давления "Метран-100" и "Метран-150" с целью определения влияния дестабилизирующего фактора – температуры. На основании исследований установлено, что результаты учета дополнительной температурной погрешности искажаются при нелинейной зависимости выходного сигнала от действия температуры.

В рамках исследования рассмотрена конструкция чувствительного элемента интегрального датчика давления, с целью уменьшения влияния дестабилизирующего фактора – температуры – на результат измерения интегрального датчика давления.

Цель достигается внедрением в конструкцию чувствительного элемента дополнительной мембраны, которая воспринимает измеряемое давление в зоне действия температуры. Деформация (измеряемое давление) дополнительной мембраны на основную передается посредством штока (шток жестко соединяет основную мембрану с дополнительной). Данная конструкция позволяет изолировать основную мембрану от области, в которой действует дестабилизирующий фактор.



УДК 65.011.42, 331.104.2

А.Г. НИКОЛАЕВА

#### **ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ – ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ МЕНЕДЖЕРА-ПРАКТИКА**

Консалтинговая компания ЗАО «Центр “Приоритет”»

В работе представлен опыт применения методики SMART, инструмента 5W+1H +1S и коучинга для достижения целей по улучшению в производственных компаниях. Рассмотрены примеры работы в крупных компаниях горнодобывающей, металлургической, автомобильной и железнодорожной отраслях.

Постановка целей с использованием методики SMART способствует решению проблем, связанных с размытостью целей, их несущественностью и избеганием сотрудниками ответственности за их достижение.

Инструмент 5W+1H+1S предназначен для разработки планов достижения целей. Его применение позволяет эффективно реализовывать данные планы за счет четкости формулировок предлагаемых действий, проверки взаимосвязи целей и средств их достижения.

Применение коучинга позволяет раскрыть потенциал личности и развить навыки сотрудников. Использование открытых вопросов – одного из основных инструментов коучинга – позволяет сотрудникам проанализировать стоящие перед ними задачи с разных сторон, включая проблемы противоречивости целей, ограниченности ресурсов, мотивации к достижению целей, согласовать цели компании со своими личными, выявить свои страхи и преодолеть их.

Регулярность встреч в формате позитивного и конструктивного обсуждения проходящих изменений дисциплинирует участников, не давая им отвлекаться от достижения поставленных целей в массе текущих дел. Одновременно участники получают поддержку коуча на каждой встрече и признание достигнутых ими успехов, что мотивирует их к дальнейшей активной деятельности по улучшениям.

Комплексное применение перечисленных инструментов позволяет эффективнее достигать целей компании через грамотную постановку целей и разработку плана по их реализации, а также вовлечение и мотивацию сотрудников для их достижения. Это подтверждено опытом реализации множества проектов по улучшению в таких компаниях, как АО «Казцинк», ОАО «КАМАЗ», ОАО «КУМЗ», ОАО «РЖД».

Таким образом, можно утверждать, что применение указанных инструментов актуально для современных компаний, так как способствует эффективному достижению целей и позволяет замещать инвестиционные ресурсы максимально полным использованием человеческого капитала.

## **ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ НУЛЕВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Широко признанно, что человеческая цивилизация стоит на пороге ресурсного кризиса. Так как традиционные типы человеческих поселений становятся всё более ресурсозатратными, то далее будет рассмотрена та часть инновационных концепций, которая касается снижения зависимости отдельных сообществ от невозобновляемых ресурсов. Среди таких идей следует отметить концепции и разработки в сферах устойчивого развития, нулевого потребления, пермакультуры.

Однако внедрение указанных принципов в повседневную жизнь на базе существующих жилищных отношений затруднительно в связи с дороговизной необходимых комплексов и несоответствием существующих архитектурных комплексов требованиям экологического строительства.

Следовательно, в первую очередь решения должны касаться социальной сферы. Одним из таких решений является Cohousing, представляющий собой один из видов совместного жилья, в котором жители принимают активное участие в обустройстве и управлении своей жилой площадью. Основная декларируемая цель – уменьшение атомизации общества.

Cohousing – это социальная модель, с которой могут применяться перечисленные концепции, однако их наличие в полной мере необязательно.

Рассмотрим факторы, позволяющие внедрять в такие проекты энергоэффективные и энергосберегающие комплексы.

- 1) стремление жильцов подавляющего количества сообществ к экологическому образу жизни;
- 2) подобные сообщества создаются с целью приобретения жилья, экономически выгодного для семейного бюджета в долгосрочной перспективе;
- 3) в подобных проектах архитектурные комплексы строятся с нуля; что открывает перспективы для энергоэффективного и энергосберегающего строительства;
- 4) весь комплекс ЖКХ в сообществе находится в полном распоряжении жильцов, что облегчает внедрение технологических решений, основанных на идее «нулевого потребления».

Таким образом, основываясь на концепции Cohousing, можно наиболее оптимально претворять в жизнь достижения в области создания систем, основанных на «нулевом потреблении», так как Cohousing имеет ряд преимуществ:

- уменьшаются энергозатраты на отопление и энергоёмкие приборы;
- есть возможность выращивания продуктов питания по принципу пермакультуры;
- возможность кооперации при оптовых закупках продуктов, услуг и материалов на всех стадиях реализации проекта.

Таким образом, наиболее оптимальным видится создание Cohousing-поселения, изначально включающее идеи создания максимально автономного поселения. С другой стороны, для внедрения комплексов обеспечения автономного существования следует основываться именно на идее Cohousing-поселений.

## **НЕОБХОДИМОСТЬ ИДЕНТИФИКАЦИИ, КЛАССИФИКАЦИИ И СИСТЕМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЛИНГА**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Современные системы управления промышленными предприятиями включают в себя огромное количество составных компонентов: видов деятельности, ЦФО, структурных подразделений, внутренних бизнес-процессов, схем их внутреннего и внешнего взаимодействия

и т.д. В процессе контроллинга возникает необходимость получать информацию о результатах деятельности не только в целом по предприятию, но и по отдельным объектам управления. В связи с этим, построение эффективной системы контроллинга результатов изначально предполагает проведение таких процедур, как идентификация, классификация и систематизация объектов контроллинга.

1. Идентификация – опознание и выделение на основе общих и частных признаков из всей совокупности объектов управления отдельных структурных элементов, определении их границ и параметров.

2. Классификация – процесс упорядочения и распределения объектов управления по их однородным признакам. Процедура классификации позволяет распознать количественные и качественные характеристики объектов, дает возможность сформировать систематизированное представление о них и помогает сориентироваться в их множестве. При этом классификаторы должны согласовываться и соотноситься между собой, все позиции – иметь достаточную степень детализации, необходимую для учета всех значимых аспектов контроллинга.

3. В любой системе управления всегда есть определенная логика построения. Систематизация позволяет на основе группировки объектов управления по определенной схеме произвести их анализ и сформировать логику и комплексность построения систем оценки. Систематизация должна осуществляться на основе единого подхода, основные положения которого заключаются: в определении целей и задач контроллинга результатов, комплекса исходных условий систематизации, а также факторов, влияющих на фиксирование границ объектов. Основными задачами процедуры систематизации объектов контроллинга являются:

- инвентаризация всех объектов контроллинга;
- устранение возможных «пробелов» в процессе контроллинга результатов и преодоление его неоправданной узости;
- устранение общих логических противоречий в процессе контроллинга;
- формирование целостного представления проблем получения данных о результатах деятельности предприятия;
- выбор наиболее оптимальной для конкретного предприятия структуры показателей оценки результатов;
- всестороннее повышение качества его содержания (совершенствование понятийного аппарата, формулировок конкретных показателей, механизмов оценки, соответствие установлениям стандартам и т.д.) и т.д.

В заключение необходимо отметить, что неумение правильно управлять результатами прежде всего является следствием разрозненности и несистемности представлений менеджмента о существующих объектах управления. Поэтому при внедрении такого сложного механизма, как контроллинг результатов, вопросы систематизации, оптимизации и структурирования приобретают большую актуальность.

УДК 65.011

В.Л. МУСОНОВА

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННО АКТИВНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В первые годы формирования российской налоговой системы (на рубеже 1980–1990-х гг.) использовались различные формы налогового стимулирования инновационной активности, но основной формой все же было предоставление целевых налоговых льгот и в первую очередь по налогу на прибыль. В частности, инвестиционные расходы, осуществленные организацией за счет прибыли, частично освобождались от обложения данным нало-

гом. Отдельные категории налогоплательщиков могли использовать ускоренную амортизацию, что уменьшало их налоговые обязательства по этому налогу. Организации малого бизнеса в первые годы своей деятельности имели налоговые преференции в форме пониженной, вплоть до нулевой, ставки налога на прибыль.

С началом разработки и принятия части второй НК РФ был взят курс на преимущественное использование такой формы налогового стимулирования, как пониженная налоговая ставка. Так, ставка налога на прибыль была снижена с 35 до 24%, НДС – с 20 до 18%, единого социального налога – с 35,6 до 26%. Существенной корректировке в сторону уменьшения были подвергнуты ставки единого налога для организаций малого бизнеса, работающих на специальных налоговых режимах.

Применение налоговых льгот, в том числе и имеющих целевой характер, было признано неэффективным. Начиная с принятия главы 25 "Налог на прибыль организаций" НК РФ, основой российской налоговой политики стало сокращение, а по отдельным налогам и полная отмена налоговых льгот.

В настоящее время налоговая политика в данной области стала опять меняться: начался постепенный возврат к "смешанной" форме налогового стимулирования инновационной активности. В частности, с 2006 года налогоплательщикам вернули часть инвестиционной налоговой льготы по налогу на прибыль в форме так называемой инвестиционной премии. Предоставлена также возможность равномерного в течение одного года отнесения на расходы при расчете налога на прибыль затрат на осуществление любых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе не давших положительного результата. Введены в действие и льготы по другим налогам.

В практике налогового стимулирования инновационной деятельности российских налогоплательщиков указанные льготы не привели к существенному изменению в инновационном направлении. Налицо наличие разрозненных мероприятий, не позволяющих добиться существенного изменения сложившегося положения в инновационном развитии российской экономики. Не предполагает существенных подвижек в этом направлении и проект основных направлений налоговой политики в Российской Федерации на 2009 год и на плановый период 2010–2011 годов.

УДК 65.011

М.С. КРАШЕНИННИКОВ, Н.К. ОЖЕРЕЛЬЕВА

## **ОСНОВА БЕЗИНФЛЯЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Термин «инфляция» (лат. *Inflatio* – вздутие) для современного человека весьма привычен. Он описывает процесс изменения соотношения товарной массы к массе денежной в сторону увеличения последней в системе товарно-денежных отношений.

Инфляция приводит к различным социально-экономическим последствиям, которые проявляются в снижении уровня доходов у большей части населения, в особенности у той, что имеет фиксированный доход, обесценивании вкладов, затруднении планирования производства, сокращению выпуска продукции и, как следствие, к ещё большему усугублению ситуации и т.д.

Для преодоления проблем, вызванных инфляцией, необходимо, во-первых, определить, что привело к её возникновению. В основном выделяют следующие причины: увеличение денежной массы (или эквивалентное по своему воздействию повышение скорости обращения денег) в целях ускорения товарного обращения (кризисный или военный период в жизни страны), сокращение реального объема производства, задание цены монополистами или крупными фирмами, и т.д. Однако необходимо отметить, что и ставка рефинансирования

также оказывает существенное влияние на уровень инфляции, а значит, и на всю экономическую систему в целом, является одним из средств управления.

Кредитование под процент приводит к учету в товарно-денежном обороте больших денежных сумм, пропорциональных величине процентной ставки, не подкрепленных при этом материально. Таким образом, инфляция – следствие приобщения к существовавшим деньгам дополнительных денежных сумм, снижающих реальную покупательную способность имевшихся до этого денег, поэтому при существовании кредитования под процент реальный уровень инфляции равен средней ставке кредитования. При чем при заключении кредитной сделки участвуют двое: кредитор и будущий должник, а страдает от сделки все общество. При такой системе процветают кредиторы, не заинтересованные в успехе предприятия должника, так как прибыль они получают в любом случае.

Вместе с тем, нельзя не отметить тот положительный вклад, который внесло в развитие человечества кредитование под процент. Получив в пользование некую сумму денежных средств, предприниматель должен был вернуть через оговоренный срок уже большую сумму, что неизбежно приводило к совершенствованию им существующих технологий, созданию новой техники, развитию машиностроения и сопутствующих отраслей и, в конечном счете, всех сфер жизни человека.

На смену существующей экономической системе приходит безинфляционная с отсутствием кредитования на процентной основе. В качестве примера можно привести стабильно развивающуюся экономику Японии. В Японии ставка кредитования составляет всего 0,1%. По существу, японские банки являются инвестиционными фондами, их деятельность отличается тем, что они делят выручку с предпринимателем и потому заинтересованы в его успехе.

Переход к инвестиционным вложениям на беспроцентной основе не только возможен, но уже практически осуществлен в Японии, Китае, Индонезии и некоторых странах Европы. Отказ от кредитования под процент неизбежно приводит к стабильному развитию реального сектора экономики и, как следствие, к улучшению экономического состояния в стране.

УДК.621.039.003

С.М. БРЫКАЛОВ, Л.В. ГУРЕЕВА, В.В. ПЕТРУНИН, С.В. УДАЛИЩЕВ

## **АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА АТОМНОЙ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ С ПЕРЕГРУЗКАМИ И БЕЗ ПЕРЕГРУЗОК НА ПЛОЩАДКЕ**

Открытое акционерное общество  
ОАО «ОКБМ Африкантов»

Одним из возможных путей повышения конкурентоспособности атомных станций малой мощности является снижение себестоимости вырабатываемой электроэнергии, в том числе за счет снижения топливных затрат на горизонте жизненного цикла объекта.

В связи с этим, возникает необходимость рассмотрения концепции экономической эффективности ядерного топливного цикла без перегрузки на площадке и традиционного цикла с перегрузками и на этой основе выполнение сравнительной оценки затрат ядерного топливного цикла атомной станции малой мощности на примере АС ММ с РУ АБВ-6М не-стационарного размещения.

В материалах доклада представлены краткое описание жизненных циклов АС ММ, схемы жизненных циклов, основные этапы жизненных циклов с перегрузкой и без перегрузки на площадке, описана методология оценки затрат, связанных с топливоиспользованием, в диапазоне событий (этапов) жизненного цикла АС ММ, включая затраты:

- на приобретение свежего топлива;
- транспортировку активных зон и страхование;

- перегрузку активных зон;
- транспортировку, переработку и длительное хранение ОЯТ.

В докладе показано практическое применение методологии оценки затрат топливного цикла для вариантов с перегрузкой и без на площадке атомной станции малой мощности нестационарного размещения, проведен их сравнительный анализ и выбран предпочтительный вариант.

УДК 65.011

А.С. ШИХОВА

## ПРОБЛЕМЫ РОСТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В сложившейся экономической ситуации проблема роста эффективности труда остается одной из самых сложных, но, решая ее, можно добиться успехов в построении социально ориентированной рыночной экономики.

Производительность труда – важнейший показатель эффективности общественного производства, зависящий от уровня развития производительных сил в обществе, степени использования производственного, научного, трудового, природного потенциала. Повышение уровня производительности труда означает снижение общественно необходимого рабочего времени на производство единицы товара, снижение его стоимости. Производительность труда – эффективность производственной деятельности людей, измеряемая количеством продукции (благ и услуг), произведенной в единицу рабочего времени (час, смену, месяц, год).

Для определения производительности труда, её учета используют два показателя, измеряющие уровень и динамику производительности труда:

- прямой – выработка;
- обратный – трудоемкость.

Выработка – производство валовой (товарной) продукции на одного работника в единицу времени. Трудоемкость – сумма затрат живого труда на производство единицы продукции за определенный период.

По данным Минэкономразвития, в последние годы рост производительности труда составлял 5–6%, а заработанная плата росла в два раза быстрее.

Это четко подтверждает печальное для России положение: ее экономическое благополучие держится на продаже собственных недр и финансовом обслуживании этого процесса.

Таким образом, если сегодня и можно говорить о дефиците рабочей силы, то он скорее качественный, чем количественный.

Наиболее эффективные способы увеличения производительности труда:

1. Необходимо повышать конкуренцию на всем рынке труда, а для этого надо создавать условия для повышения мобильности труда. Сейчас в России наблюдается довольно низкий уровень сменяемости компаний (5%), в то время как в развитых странах каждый год в рынок приходит и уходит 10-13% фирм.

2. Необходимо повысить уровень образования, так как у нас сейчас наблюдается нехватка квалифицированных специалистов в тех или иных отраслях. Бизнесмены считают, что больше всего мешает росту производительности труда нехватка квалифицированных кадров (с результатом 64,66% голосов). Российский рынок труда, прежде всего квалифицированных специалистов, крайне ограничен. Его рост в ближайшей перспективе не ожидается, а стоимость рабочей силы вследствие темпов инфляции постоянно возрастает, что делает меры по повышению производительности труда не только более привлекательными, но и просто необходимыми.

**ПЕРСПЕКТИВЫ BSC В РОССИИ**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Для того, чтобы оценивать эффективность исполнения корпоративной стратегии и управлять ею, нужно использовать новые инструменты, и одним из них является система Balanced Scorecard (BSC), разработанная Робертом Капланом и Дэвидом Нортон. Наряду с использованием финансовых показателей в качестве критериев деятельности организации, BSC подчеркивает важность показателей нефинансового характера, оценивающих удовлетворенность покупателей, эффективность внутренних бизнес-процессов, потенциал сотрудников в целях обеспечения долгосрочного финансового успеха компании.

Несмотря на популярность и широчайшее использование BSC в США, Европе и развивающихся азиатских странах, в России о ней практически ничего неизвестно. Во многом это связано с тем, что существует так называемый информационный барьер, из-за которого западные концепции доходят до нас через два-три года. С момента появления Balanced Scorecard прошло восемь лет, а в России о ней до сих пор знают единицы из числа управленческих консультантов и руководителей, получивших образование в западных бизнес-школах. Немногочисленные проекты по внедрению BSC в своем большинстве были реализованы на предприятиях среднего и малого бизнеса, наиболее гибких и быстро приспосабливающихся к условиям окружающей бизнес-среды. Тем не менее, в нашей стране BSC имеет широчайшие перспективы и потенциал с точки зрения ее использования на отечественных предприятиях, что открывает возможности для перехода на качественно новую модель управления.

С другой стороны, существуют и препятствия, обусловленные спецификой ведения бизнеса и традициями управления во многих российских компаниях, где миссия, цели и стратегии либо существуют в качестве деклараций, либо, что чаще всего, отсутствуют. Высший менеджмент этих компаний попросту не занимается стратегическим управлением, отдавая предпочтение текущему руководству: как выжить в данный момент, как обеспечить денежный приток, каким образом покрыть дефицит оборотных средств. В связи с неопределенностью рыночной конъюнктуры, вопросы долгосрочной стратегии откладываются в долгий ящик.

С другой стороны, мы являемся свидетелями и положительных тенденций. Рыночная конъюнктура постепенно создает условия, в которых долгосрочная стратегия играет критическую роль в развитии компаний. Количество динамично растущих, гибких и прогрессивных предприятий, где используются современные инструменты и методы управления, непрерывно растет. Бизнес-планирование и стратегическое управление приобретают все большее распространение.

Внедрение BSC на отечественных предприятиях следует осуществлять, используя различные подходы. Применение единого подхода в данном случае невозможно. В качестве критериев выбора того или иного метода внедрения выступают масштабы предприятия, отраслевая специфика, особенности корпоративной культуры, наличие системы бизнес-планирования и стратегического менеджмента, методы управления и инструменты, применяемые руководством, отлаженность бизнес-процессов, эффективность и охват системы управленческого учета. Протяженность проекта по внедрению Balanced Scorecard колеблется от 3 до 24, а иногда и более месяцев. Реорганизация и подготовка предприятия к процессу внедрения может охватить половину срока реализации проекта.

В любом случае постановка BSC – это оправданный шаг, приводящий к повышению эффективности управления и деятельности в целом, без которого невозможно существование в жестких условиях новой экономики.

**О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КЛАСТЕРА В ПФО**

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Понятие кластера в экономике одним из первых сформулировал американский ученый русского происхождения Майкл Портер. В ходе научного исследования было выявлено, что наиболее конкурентоспособные в международных масштабах фирмы одной отрасли обычно не бессистемно разбросаны по разным странам, а концентрируются в одном государстве, а порой даже в одном и том же регионе. По мнению М.Портера, «Кластер — это группа географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга».

В настоящее время эффективность кластерного подхода доказывает опыт таких развитых стран, как Финляндия, Германия, США и т.д. Так, Финляндия занимает ведущее место в мировых рейтингах текущей и перспективной конкурентоспособности; располагая менее чем 1% мировых ресурсов древесины, Финляндия обеспечивает 10% мирового экспорта продукции деревопереработки и около 25% бумажного производства. Другой яркий пример – кластер информационных технологий в Силиконовой долине (США), а также автомобильный кластер в районе земли Северный Рейн-Вестфалия (Германия).

Успех кластерных организаций заключается в следующем:

- в рамках кластера происходит взаимодействие межотраслевых предприятий, что позволяет осуществить переход от узкой специализации к интеграции в управленческой деятельности;
- объединение предприятий и организаций различной направленности (промышленные предприятия, научно-исследовательские институты, учебные заведения, венчурные фирмы и т.д.) приводит к возрастанию роли инноваций и предпринимательства;
- вовлечение в кластер предприятий различных форм собственности способствует формированию эффективных механизмов рыночной конкуренции;
- внедрение инноваций способствует ускорению выхода продукции и ориентации предприятий и организаций на создание добавленной стоимости и повышению качества работ.
- взаимодействие хозяйствующих субъектов приводит к возникновению перекрестных целей, что в свою очередь оказывает влияние на баланс спроса и предложения;
- взаимное понимание интересов членов кластера способствует поддержанию благоприятного инвестиционного климата, что, как следствие, обеспечивает рост количественных и качественных показателей инвестиций в расширенное воспроизводство товаров и услуг.

Таким образом, кластер является инструментом аккумуляции ключевых факторов успеха лидеров отрасли и распространения их на остальных участников.

В результате экономического эффекта кластера срабатывает принцип «домино» – экономические успехи влекут за собой развитие социальных программ территорий кластера.

Анализ стратегической ситуации в Поволжском федеральном округе показал, что одним из наиболее перспективных направлений кластерной политики в ПФО является создание автомобильного кластера.

По мнению ряда специалистов автомобильной промышленности, сегодня в Поволжье сложилась крупнейшая в Восточной Европе автопромышленная зона, объединяющая:

- несколько автомобилестроительных заводов (АВТОВАЗ, УАЗ, ГАЗ, КАМАЗ и т.д.);
- крупнейших производителей комплектующих;
- группу банков, тесно взаимодействующих с заводами;



- ряд устойчиво работающих профессиональных консалтинговых и инжиниринговых компаний;
- группу учебных заведений, целевым образом готовящих специалистов для автомобилестроения.

Исторически между предприятиями автомобильной промышленности Поволжья сложились тесные взаимосвязи. Таким образом, есть все предпосылки кластеризации данного направления, что, несомненно, даст необходимый синергетический эффект для дальнейшего развития региона.

УДК 338.45

О.С. БОРОНИН

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основу эффективности национальной экономики современной России составляет, наряду с природными и трудовыми ресурсами, научно-технический потенциал страны. Переход экономики в новое качественное состояние увеличил значимость инновационной деятельности, развития наукоемких производств, что, в конечном счете, является важнейшим фактором выхода из экономического кризиса и обеспечения условий для экономического роста.

Поэтому акцент на инновационном развитии экономики, всесторонняя поддержка инновационных проектов, развитие инновационной системы – один из главных приоритетов региональной политики руководства России. На сегодняшний день основная задача – создать максимально комфортные условия не только для разработки, но и для внедрения инновационных проектов.

С точки зрения законодательства, *оценка эффективности инновационных проектов* не является обязательной, однако каждый инвестор заинтересован в том, чтобы обезопасить себя от потери вложенных средств и получить достаточную для компенсации рисков прибыль.

Несмотря на значительное число научных трудов, исследований и публикаций, посвященных инновациям и оценке эффективности инновационных проектов, стоит отметить, что оценка эффективности инновационных проектов является отдельным направлением в сфере обоснования проектных решений, а ее методология выходит за рамки традиционных методов инвестиционного анализа. В связи с этим, необходимо уточнить методологические подходы к оценке эффективности инновационной деятельности.

Следовательно, возникает необходимость формирования инструментария и определения методологической базы оценки эффективности инновационных проектов предприятий на основе определения и систематизации экономических показателей с учетом максимального количества влияющих факторов.

Инновационные проекты обладают рядом специфических особенностей, которые невозможно не учитывать в ходе оценки их эффективности. К ним относятся следующие:

1. *Более широкий круг участников* инновационных проектов, колторый обуславливает значимость проблемы координации их интересов и контроля за соблюдением договорных обязательств каждым из них. Решение этой проблемы требует использования специальных методов управления проектами, таких как методы сетевого планирования, методы проектного финансирования и других.

2. *Обязательное проведение сравнительного анализа эффективности.* Эффектив-

ность можно определить не только как соотношение результатов и затрат, но и как степень соответствия полученных результатов ожиданиям заинтересованных лиц. А эти ожидания зависят не только от произведенных затрат ресурсов, времени, капитала, но и в не меньшей степени – от информации о результатах функционирования аналогичных или подобных объектов в сопоставимых условиях.

3. *Многокритериальность оценки эффективности.*

4. *Затруднительность использования только количественных критериев эффективности, особенно на инновационной стадии.*

Данная особенность обусловлена следующими взаимосвязанными обстоятельствами:

- а) длительностью цикла инновационного процесса;
- б) объективно присущей инновационному процессу неопределенностью результатов;
- в) шириной спектра рисков инновационной деятельности.

УДК.621.039.003

С.М. БРЫКАЛОВ

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОДХОДА**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Современные условия формирования топливно-энергетического баланса страны определили необходимость новой стратегии развития атомной энергетики страны, ориентированной на ускоренный ввод энергоблоков АЭС нового поколения в Европейской части России с достижением ее доли до 20 % от суммарной генерирующей мощности, обеспечение эксплуатационной безопасности, повышение конкурентоспособности по сравнению с энергоисточниками на органическом топливе, и достижение баланса экономических и социальных интересов федерального и регионального уровней.

Стратегия развития генерирующих мощностей АЭС в стране может быть реализована только в условиях обеспечения безопасности ядерного топливного цикла, их конкурентоспособности в современном энергетическом рынке и социальной приемлемости на региональном уровне, поэтому остро встает проблема оценки эффективности общественно-значимых инвестиционных проектов и выбора предпочтительных решений в электроэнергетике (как атомной, так и тепловой).

При определении эффективности общественно-значимых проектов в энергетике необходим учет социальных, экологических, технологических, инновационных и иных факторов. Требуется определение эффективности инвестиционных проектов по совокупности критериев. Возникает необходимость многокритериального выбора инвестиционных решений и многоуровневого подхода к оценке эффективности инвестиционных проектов в электроэнергетике. В данном случае применение существующих методических рекомендаций и имеющихся научных трудов и публикаций отечественных и зарубежных авторов становится недостаточным. Требуется дальнейшая разработка теории и практических положений по оценке эффективности инвестиционных проектов в электроэнергетике, имеющих общественную значимость.

Целью исследования является разработка методологических аспектов и инструментария оценки эффективности инвестиционных проектов в электроэнергетике.

В материалах доклада рассмотрены:

- особенности критериев эффективности инвестиционных проектов в атомной энергетике;
- необходимость многокритериального выбора инвестиционных проектов в атомной электроэнергетике;

- многоуровневый подход к оценке эффективности инвестиционных проектов в атомной электроэнергетике, имеющих общественную значимость;
- процедуры определения эффективности инвестиционных проектов по совокупности критериев;
- методика выбора эффективных инвестиционных решений.

В докладе показано практическое применение методологических аспектов по оценке эффективности инвестиционных проектов в энергетике, проведен их сравнительный анализ и выбран предпочтительный вариант.

УДК 338

Ф.И. ЧИХАЛИН

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ МОНОГОРОДАМИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Основной проблемой моногородов является моноотраслевая структура экономики, которая характеризуется высокой зависимостью доходной части городского бюджета, экономики и социальной стабильности города от градообразующего предприятия. В советское время в эпоху плановой экономики моногорода создавали, чтобы освоить запасы полезных ископаемых или металла, поэтому не было необходимости создавать полипрофильность города. В рыночной экономике моногорода уязвимы: в эпоху экономической нестабильности растет вероятность градообразующего предприятия обанкротиться.

Принимая и разрабатывая решения по выходу из глобальных проблемных ситуаций, необходимо уделять должное значение инновационной части проектов. Добиться конкурентоспособного решения, используя лишь формализованные методы, невозможно, но в тоже время делать большой крен на инновационной части опасно, это грозит каласальными рисками. Оптимальное соотношение: 20% – инновационная часть, 80% – инвестиционная (формализованная).

Так как проблемы управления моногородами системные, то для их решения необходимо использовать системный подход.

Решением проблемы на институциональном уровне является стратегия. Она позволяет сделать гибкий план с перспективой на дальнейшее развитие, но при этом подчеркнуть основные направления работы.

Стратегия – диверсификации экономики и реинженеринг социальной инфраструктуры.

Решением проблемы на уровне организации (градообразующего предприятия, мери) является создание ряда управленческих концепций:

1. Концепция перепрофилирования моногорода. Диверсификации экономики – одна из самых важных мер в решении проблем управления моногородами. Необходимо преодолеть зависимость доходной части городского бюджета, экономической безопасности и социальной стабильности города от градообразующего предприятия. Для этого нужно провести мониторинг потребностей города. Следующим шагом станет привлечение интеллектуального ресурса для выявления перспективных проектов, поиск под эти проекты инвесторов и подписание контрактов.

2. Концепция партнерских отношений – это практика построения долгосрочных взаимовыгодных взаимодействий с ключевыми рыночными партнерами компании (потребителями, поставщиками, дистрибьюторами) в целях установления длительных привилегированных взаимосвязей.

3. Концепция социально-ответственного маркетинга – концепция управления маркетингом, где целью компании является установление нужд, потребностей и интересов целевых рынков и их удовлетворение более эффективными, чем у конкурентов, способами при сохранении или повышении благосостояния как потребителей, так и общества в целом.

4. Концепция создания нового образа мышления и социального развития региона. Молодые кадры должны думать о моногороде как о городе широких возможностей и перспектив, городе с инновационным развитием.

УДК 658.1

В.С. ДУДЫРЕВ, О.Е. ХВОСТОВА, И.А. ТЕРЕЩЕНКО, А.А. КУРКИН

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ К АНАЛИЗУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВРЕМЕНИ**

Государственный университет – Высшая Школа Экономики, Нижегородский филиал,  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Финансовое состояние определяет конкурентоспособность предприятия, его потенциал в деловом сотрудничестве, оценивает, в какой степени гарантированы экономические интересы самого предприятия и его партнеров по финансовым и другим хозяйственным отношениям.

В настоящей работе проведено исследование подходов к анализу состояния предприятий с учетом фактора времени, т.е. не только текущая оценка, но и диагностика работы предприятия на перспективу. Выявлены основные достоинства и недостатки различных методик.

Существует несколько подобных систем оценки финансового состояния, которые можно условно разделить на три группы:

- системы, которые анализируют изолированные финансовые показатели (модель Бивера);
- рейтинговые системы (модель Дюрана);
- системы интегральных показателей, которые используются или могут быть использованы на российских предприятиях.

Такие методики позволяют, в случае констатации неудовлетворительного финансово-экономического положения предприятия, проанализировать причины возникновения проблем, а также на основе данных по ряду предшествующих периодов построить кривые изменения финансово-экономических показателей на перспективу.

Уильям Бивер предложил пятифакторную модель для оценки финансового состояния предприятия с целью диагностики банкротства, содержащую следующие показатели: рентабельность активов, удельный вес заёмных средств в пассивах, коэффициент текущей ликвидности, доля чистого оборотного капитала в активах, коэффициент Бивера (сумма чистой прибыли и амортизации, деленная на заёмные средства). Методика Д. Дюрана представляет собой оценку финансовой устойчивости на основе скорингового анализа. Задача скоринга – не только выявить потенциально неплатежеспособного клиента, но и пресечь деятельность мошенников, изначально не планирующих возвращать кредит.

Однако многие отечественные авторы отмечают, что применение иностранных моделей прогнозирования банкротства в отечественных условиях не принесли достаточно точных результатов. В научной литературе предложены различные способы адаптации «импортных» моделей к условиям переходной экономики, в частности двухфакторной математической модели, учитывающей коэффициент текущей ликвидности и удельный вес заёмных средств в пассивах. Отмечается также, что весовые коэффициенты следует корректировать применительно к местным условиям и что точность прогноза двухфакторной модели увеличится, если добавить к ней третий показатель — рентабельность активов.

Таким образом, в настоящее время не существует обобщенных методик оценки финансового состояния промышленного предприятия. Обусловлено это особенностями российской экономики, которая является экономикой переходного типа, зависимой от сырьевого импорта с весомой государственной ролью в экономических процессах. Поэтому необходимо развивать собственные обобщенные модели диагностики финансового состояния предприятий, которые возможно будет применять на российских предприятиях.

**ПРОБЛЕМЫ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ  
В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ФИНАНСОВОЙ СИСТЕМЫ РФ**

Государственный университет – Высшая Школа Экономики, Нижегородский филиал,  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Система антикризисного управления промышленными предприятиями должна в первую очередь основываться на грамотной финансовой политике. И хотя система управления финансами обычно ориентирована на решение краткосрочных и текущих задач, решаемых предприятием, разработка стратегии его развития позволяет не только определить ориентиры этого развития, но и добиться понимания общности задач работниками различных служб предприятия, устранить ограничения на взаимодействие между ними, особенно по вопросам решения ключевых проблем, стимулировать информационный обмен между структурными подразделениями предприятия.

Разработка и реализация финансовой стратегии промышленного предприятия невозможны без учета особенностей финансовой системы РФ. В настоящей работе предпринята попытка анализа финансовой системы России для целей разрешения кризисных ситуаций на предприятии.

Для реализации стратегии выхода из финансового кризиса предприятию необходимо в первую очередь привлечь достаточные финансовые средства. Кроме собственных средств (в том числе выделяемых крупными фирмами-заказчиками инноваций), для предприятия является возможным использование трех внешних источников:

- прямого государственного финансирования;
- привлечения ресурсов через фондовый рынок;
- привлечения ресурсов через банковскую систему.

В настоящей работе проанализированы указанные внешние источники финансов на промышленном предприятии, выявлены достоинства и недостатки каждого из источников.

Первый источник средств – прямое государственное финансирование – имеет свои преимущества: величина доступных ресурсов, их соответствие государственным приоритетам и дешевизна. Но при этом из-за своей доступности государственное финансирование снижает ответственность за распределение и использование ресурсов. Такие средства зачастую используются неэффективно или просто растрачиваются.

Второй источник внешних финансовых ресурсов для реализации финансовой стратегии – ресурсы, привлекаемые за счет фондового рынка. Такие деньги по своей природе сходны инновациям, которые являются основой успешного развития любого предприятия. Но при этом они очень рискованны, хотя в случае успеха принесут с собой большой выигрыш. Фондовые ресурсы имеют и недостаток: доступность лишь крупным игрокам с хорошей репутацией, так как связаны с большими затратами на эмиссию и размещение ценных бумаг. При этом нехватка таких ресурсов ощущается, в основном, в среднем и малом бизнесе, которые являются основным источником инновационных исследований и разработок. Еще одним сдерживающим фактором в данной отрасли финансовой системы остается нерентабельность отечественных предприятий (более трети всех промышленных предприятий – убыточны).

Еще один источник ресурсов в финансовой системе РФ – банковская система. Благодаря исторически сложившемуся доверию, банковская система должна быть подспорьем для предприятий, оказавшихся в кризисной ситуации, и для тех, кто осуществляет инновационные разработки. К тому же у банков сегодня в условиях высоких кредитных, валютных и прочих рисках возникла реальная проблема с поиском эффективных способов размещения финансовых ресурсов.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основная роль в обеспечении динамически устойчивого развития экономики России в настоящее время принадлежит инновациям, инновационной деятельности, способным обеспечить обновление технической и технологической базы производства, освоение и выпуск новой продукции. Именно поэтому сейчас особо остро стоит проблема определения инновационного потенциала предприятий.

Инновационный потенциал можно определить как меру готовности экономической системы выполнить задачи, обеспечивающие достижение поставленных инновационных целей или программ инновационных стратегических изменений. Такая мера готовности предприятия может быть описана некоторой функцией  $\xi$ , которую возможно определить, используя следующую методику:

1. Представление инновационного потенциала (функции  $\xi$ ) в виде структуры отдельных составляющих. Количество таких составляющих может изменяться в зависимости от типа предприятия, а также от целей исследования.

2. Определение для каждой составляющей набора показателей. Количество данных показателей также может зависеть от типа предприятия и целей исследования.

3. Оценка инновационного потенциала предприятия.

$$\xi = \sum_{i=1}^k \alpha_i \xi_i, \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  – весовой коэффициент  $i$ -й составляющей инновационного потенциала;  $k$  – число составляющих инновационного потенциала предприятия;  $\xi_i$  – составляющие инновационного потенциала, которые можно найти по формуле

$$\xi_i = \sum_{j=1}^{m_i} \beta_{ij} n_{ij}, \quad (2)$$

где  $\beta_{ij}$  – весовой коэффициент  $j$ -го показателя  $i$ -й составляющей инновационного потенциала;  $m_i$  – число показателей в составе  $i$ -й составляющей инновационного потенциала;  $n_{ij}$  – нормированный  $j$ -й показатель  $i$ -й составляющей.

Результирующая функция  $\xi$  (инновационный потенциал) должна изменяться в пределах от нуля до единицы. При значении  $\xi > 0,5$  можно судить об увеличении инновационного потенциала предприятия по сравнению с предшествующим периодом, если  $\xi = 0,5$ , то это свидетельствует о среднем уровне или отсутствии изменений относительно предшествующего периода, значение  $\xi < 0,5$  свидетельствует об отрицательной динамике изменения инновационного потенциала.

Оценка инновационного потенциала позволяет проанализировать устойчивость предприятия к инновационному развитию, что позволяет проконтролировать правильность выбранного направления инновационного развития с позиции текущего состояния предприятия.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инновационная деятельность – это деятельность по разработке и освоению результатов исследований, повышающих эффективность способов и средств осуществления конкретных процессов, в том числе освоение производства новой продукции и технологий.

С целью активизации инновационной деятельности разрабатывается инновационная политика, представляющая собой совокупность принципов и мероприятий, обеспечивающих создание благоприятного инновационного климата в стране.

Инновационная политика является составной частью социально-экономической политики. Она должна объединять общими задачами науку, технику, производство, потребление, финансовую систему, образование и быть ориентирована на использование интеллектуальных ресурсов, развитие высокотехнологичных производств и приоритеты экономики.

Основой принятия управленческих решений в научно-технической сфере являются прогнозирование и планирование направлений научно-технического прогресса и инновационной деятельности.

Современные условия хозяйствования требуют максимального расширения сферы и совершенствования методов прогнозирования и планирования. Чем выше качество прогнозов и планов, тем более весомым будет их вклад в общественное развитие.

Важными задачами, которые обычно ставятся перед исполнителями при прогнозировании и планировании, разработке соответствующей концепции, программы, мероприятия, являются сохранение и развитие высокоэффективной структуры экономики, обоснование и регулирование темпов роста выпуска продукции, высокой степени ее конкурентоспособности на рынке, обеспечение эффективного использования материальных, энергетических, трудовых и финансовых ресурсов.

Основной задачей данной работы являлось прогнозирование основных показателей, характеризующих инновационную деятельность предприятия на основе ретроспективных данных. Вначале прогнозирование осуществлялось на основании построения линии тренда. Однако, этот метод оказался неприменимым для данных показателей (кроме затрат на технологические инновации, млн.руб.) из-за значительного разброса значений. В связи с этим, прогнозирование осуществлялось с помощью регрессионного анализа. Были выявлены корреляционные связи, рассчитан коэффициент Стьюдента, далее были сформированы функции зависимости показателей от факторов и рассчитаны их значения. В целом по прогнозу наблюдается некоторое улучшение ситуации в инновационной сфере.

**КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРОДУКТА В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Конкурентоспособность товара – это такой уровень его экономических, технических и эксплуатационных параметров, который позволяет выдержать соперничество (конкуренцию) с другими аналогичными товарами на рынке.

Конкурентоспособность включает три основные составляющие: качество изделия как такового, экономики создания сбыта и сервиса товара и экономические возможности и ограничения потребителей, удовлетворенность потребителей.

Оценка конкурентоспособности продукта производится путем сопоставления параметров анализируемой продукции с параметрами базы сравнения. Сравнение проводится по группам технических и экономических параметров. При оценке используются дифференциальный, комплексный и смешанный методы оценки.

Дифференциальный метод оценки конкурентоспособности основан на использовании единичных параметров анализируемой продукции и базы сравнения и их сопоставлении.

Комплексный метод оценки конкурентоспособности – на применении комплексных (групповых, обобщенных и интегральных) показателей или сопоставлении удельных полезных эффектов анализируемой продукции и образца.

Смешанный метод оценки представляет собой сочетание дифференциального и комплексного методов. При смешанном методе оценки конкурентоспособности используется часть параметров, рассчитанных дифференциальным методом, и часть параметров, рассчитанных комплексным методом.

Сегодня на мировом рынке сооружения АЭС наблюдается жесткая конкуренция между различными проектами АЭС. Заказчики осуществляют выбор проектов с учетом затрат как единовременных (капитальных), так и имеющих место на протяжении всего жизненного цикла АЭС. Во всем мире компании – участники проекта сооружения АЭС – действуют в различных национальных условиях, определяемых экономическими, политическими, правовыми, институциональными и прочими факторами конкретной страны. При работе на экспорт компании опираются на свои конкурентные преимущества, наработанные на внутреннем рынке.

В докладе описаны факторы, учитываемые при оценке конкурентоспособности проектов АЭС, а также механизмы повышения конкурентоспособности проектов сооружения АЭС.

УДК 338.5(075.8)

С.Д. КАРЛИНА

## **ИННОВАЦИОННЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ – ОСНОВНАЯ СТРАТЕГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ XXI ВЕКА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в среде динамичного обогащения рынков новым оборудованием, новыми технологиями изо дня в день появляются новые товары и услуги. Расширение ассортимента продукции потребительских рынков исчисляется сотнями позиций. Происходит постоянное совершенствование товаров, появление новых, не имеющих ранее аналогов. В результате подобной гонки фирмы не в состоянии удержаться в среде такого динамического развития производственной инфраструктуры, если не следуют четко сформулированной, нацеленной на конкретный результат стратегии. Выработка одной стратегии, следование ей и выполнение поставленных задач требуют для последующего ее использования реструктуризации и совершенствования. В XXI веке фирма не сможет быть успешной, конкурентоспособной, если в ее стратегии нет нацеленности на инновационное развитие – осуществление научных исследований их внедрении, коммерциализации.

Сущность современной действительности такова, что « в быстроменяющемся мире высоких технологий ваш завтрашний конкурент может не быть сегодняшним противником, его может даже не существовать в данный момент». (Трифилова А.А. Анализ инновационного потенциала предприятия//Инновации. 2003. С. 67-72).

Таким образом, фирмы должны не просто интегрировать НИОКР и общие технологические стратегии с базовой корпоративной, сама стратегия должна быть инновационной деятельностью фирмы. Роль инновационного развития в общей системе управления предприятием передвинулась на первое место.



Среди основных показателей инновационной деятельности компании можно выделить:

- наличие исследовательских подразделений, их работоспособность и результативность;
- наличие новейших разработок в области технологий, оборудования, продукции и услуг;
- количество подаваемых заявок на патентование новых разработок;
- наличие и количество уже существующих патентов – формирование портфелей патентов с целью максимального закрепления за собой прав на использование изобретений в данной области;
- величина средств, отчисляемых на НИОКР от общей прибыли предприятия.

Наличие в компании инвестиционных и интеллектуальных ресурсов является необходимым в складывающихся условиях экономики развития науки и технологий. Постоянное изменение современной экономической среды отрицает, не признает существующие методы управления предприятиями, требует выработки новых, способствующих преодолению фирмами технологического отставания. Для определения новых методов и осознания четкой картины необходимых действий требуется проанализировать инновационную деятельность по основным показателям, перечисленным ранее, а уже по полученным результатам сформировать стратегию с четко поставленными задачами и целями и осуществлять ее внедрение и следование ее основной концепции.

УДК 336.64

Н.А. ШИБАНОВ

### **ТЕОРИЯ АРБИТРАЖНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Существующий математический инструментарий количественной оценки рисков предприятия позволяет исследователю производить довольно широкий спектр вычислений, в том числе описывающих взаимосвязь риска с доходностью.

Теория арбитражного ценообразования предусматривает возможность включения любого количества факторов риска, поэтому требуемая доходность может быть функцией трех, четырех или даже большего числа факторов.

Теория арбитражного ценообразования имеет, тем не менее, ряд ограничений, самое серьезное – в рамках данной теории не обосновывается заранее перечень факторов. Основываясь на эмпирических данных, некоторые исследователи полагают, что только три или четыре фактора следует принимать во внимание: чаще всего называют инфляцию, изменение объема промышленного производства, разность в доходности между низко- и высококачественными облигациями и изменение структуры процентных ставок. Для определения параметров АРТ можно воспользоваться математическим аппаратом факторного анализа.

В ходе рассмотрения возможностей применения теории арбитражного ценообразования к решению задачи оценки рисков банкротства предприятия было выдвинуто предположение о том, что существует возможность адаптации стандартной теории арбитражного ценообразования к нестандартным условиям задачи.

Для этого требуется произвести замены компонентов расчетных формул теории в соответствии с задачей оценки уровня собственного капитала (именно этот коэффициент рассматривался в рамках задачи) без потери общей логики теории.

Безрисковый уровень доходности был заменен на нормативное (экспертное) значение финансового коэффициента, а уровень среднерыночной доходности — на среднее значение коэффициента за рассматриваемый период.

Таким образом, был получен новый подход к рассмотрению финансовых коэффициентов. Этот подход, по сути, позволяет адаптировать финансовые коэффициенты к условиям конкретного предприятия с учётом его особенностей, колебаний его финансовых показате-

лей, что в дальнейшем позволит существенно повысить объективность оценки с помощью коэффициентов.

Стандартный, методически задаваемый минимальный уровень коэффициента (например, для уровня собственных средств он, как известно, равен 0,5) теперь может быть скорректирован с помощью учёта целого набора факторов.

Безусловно, рассмотренный подход может быть модернизирован. В частности, могут быть применены иные факторы, использованы некие среднеотраслевые показатели, может быть изменена сама логика рассмотрения причинно-следственных связей модели.

УДК 336.77

О.А. БАШКАЕВА

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИПОТЕЧНОГО КРЕДИТОВАНИЯ В ПОСТКРИЗИСНЫЙ ПЕРИОД**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докризисные годы условия ипотеки были достаточно либеральными, что привело к колоссальному росту ипотечного кредитования. Если в 2005 году ипотечных кредитов в России было выдано на общую сумму в 68 млрд руб., то в 2006 году она составила 295 млрд руб., а в 2007 году – 556 млрд руб. Ставки по ипотеке на протяжении 2000-х годов снизились с 14-16 до 9-11% годовых, а первоначальный взнос был минимален (5-10% от цены недвижимости) или вовсе равен нулю. С наступлением кризиса все стало меняться в обратную сторону. Практически две трети банков, выдававших ранее ипотечные кредиты, отказались от данной практики. Средний уровень ставок по кредитам вырос до 14-16%, а по некоторым видам недвижимости (например загородной) – до 18% как в рублях, так и в валюте. Сроки ипотечного кредитования, достигавшие ранее 30-50 лет, сократились до 10-15, редко 20 лет. В то же время первоначальный взнос, который ранее составлял 5-10% от стоимости приобретаемой недвижимости, повысился до 20-25%.

Средняя сумма кредита по России в 2009 году составляла примерно 1 150 000 рублей. Для Москвы и Санкт-Петербурга этот показатель традиционно выше из-за более дорогой недвижимости. Также стоит отметить небольшое уменьшение срока кредита: с 18 во второй половине 2008 года до 15,5 лет в августе 2009 года. Причины данного сокращения не только в том, что стала меньше сумма кредита (ипотеку сегодня берут в основном как доплату для улучшения жилищных условий при обмене на более просторную квартиру), но и в неуверенности заемщиков в своих финансовых возможностях, причем не в краткосрочной, а в средней и долгосрочной перспективе.

Особого внимания заслуживают данные по средним процентным ставкам по ипотечным кредитам. Этот показатель значительно отличается от аналогичных показателей, составляемых ипотечными брокерами (в частности, индекс средних ипотечных ставок от компании «Кредитмарт» составлял в августе 2009 года более 20%). По мнению экспертов, для объективной оценки рынка ипотеки целесообразно рассчитывать среднюю процентную ставку не на основе программ всех банков, а по наиболее реальным программам, которые пользуются спросом. Это прежде всего программы крупных госбанков – Сбербанк, ВТБ 24, а главное, банков, кредитующих по стандартам Агентства по ипотечному жилищному кредитованию (АИЖК), где ставка кредитования привязана к ставке рефинансирования ЦБ РФ и находится в диапазоне от 9,55 до 12,53% в рублях (при наличии полиса личного страхования). Именно эти банки сегодня определяют лицо российского рынка ипотеки, остальные банки если и выдают ипотечные кредиты, то делают ставку заградительной (например, 23% у Бинбанка).

В 2010 году ставка ипотечного кредитования в России может быть снижена до 13%, заявил глава Агентства по ипотечному жилищному кредитованию Александр Семеняка на

конференции «Ипотечное кредитование в России». По его словам, сегодня ЦБ дает понять, что ставка рефинансирования будет активно снижаться и при такой ставке будет развиваться конкуренция между банками. Кроме того, правительство может пойти на беспрецедентный шаг: и в ближайшее время, по аналогии с льготным автокредитованием, запускать субсидирование ипотечных кредитов. Сегодня процентные ставки по ипотечному кредитованию находятся на уровне 2005–2006 гг.

В нашей стране на одного человека приходится 19,7 кв. м. площади, в то время как в Европе – 40-50 кв. м., в США – свыше 70. Для того, чтобы решить квартирный вопрос и хотя бы отдаленно приблизиться к европейским стандартам, необходимо строить не менее 100 млн кв. м в год в течение десятилетий, а с учетом износа значительной части существующего жилья – еще больше.

УДК 338.2

М.В. ЛИПЕНКОВ, О.В. ЖИРОВА, Д.В. БАШКАЕВ

## **ИНТЕГРАЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО МЕНЕДЖМЕНТА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Развитие новых технологий и рынков привело нас к инновационному типу экономики, которая обеспечивается за счет применения новых знаний к знаниям. Специалисты прогнозируют, что то предприятие, тот регион или та страна, которые окажутся неспособными наращивать свой научно-технический потенциал, внедрять инновации, будут обречены, как минимум, на глубокую зависимость, а, скорее, – на поглощение (прямое или косвенное) другими инновационно сильными предприятиями, регионами, государствами.

Инновационность становится неотъемлемой чертой современного предприятия. Инновации можно рассматривать как процесс освоения проектных и процессных нововведений, направленных на повышение научно-технического уровня предприятия (техноинновации), а также новые технологии в сфере предпринимательства (бизнес-инновации). В связи с этим, возрастают важность и роль управления инновационной деятельностью, необходимость исследования методов инновационного и стратегического управления предприятием и установления взаимосвязи между ними.

Трансформация внешней среды оказала влияние на системы планирования и привела к возникновению стратегического управления и инновационного менеджмента. Можно выделить еще некоторые аспекты взаимосвязи стратегического и инновационного менеджмента. Под стратегией принято понимать изменения, а любые изменения, которые направлены на совершенствование какого-либо процесса, можно считать инновациями.

Для обеспечения стабильного успеха предприятиям необходимо эффективное планирование своей деятельности, постоянный сбор информации о состоянии целевых рынков, заинтересованность менеджеров в долгосрочной прибыли. Правильный путь – интеграция стратегического и инновационного менеджмента. Речь идет о создании стратегического плана, во главе которого должна стоять задача по разработке и выведению продуктовой инновации и /или освоению новых процессных технологий. Это обусловлено тем, что инновации все больше и больше определяют генеральную линию перспективного развития предприятия.

Тенденция рассматривать действия предприятий по решению конкурентных задач как синтез стратегического и инновационного менеджмента обусловлена общностью функций стратегического и инновационного менеджмента в процессе управления предприятием, систематизация которых осуществляется по основным классификационным признакам.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в экономической теории и практике есть определенные предпосылки для интеграции двух типов управления: стратегического и инновационного менеджмента.

**СОЗДАНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ НОВОВВЕДЕНИЯМ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исходя из современной расстановки действующих сил в экономике, приоритет ее развития должен быть отдан активизации инновационной деятельности во всех ее базовых наукоемких отраслях. Отсюда первоочередной задачей является создание благоприятных условий нововведениям как на федеральном, так и на региональном уровне, а также внутри каждого конкретного предприятия.

Основными направлениями государственной поддержки инновационной деятельности должны быть: обеспечение расширенного воспроизводства знаний, развитие инновационной инфраструктуры, выбор приоритетов инновационного развития и концентрации ресурсов, модернизация промышленности на основе инноваций.

Необходимо совершенствование системы налоговых льгот организациям, занятым инновационной деятельностью. Помощь в развитии необходима малому и венчурному бизнесу, организациям по трансферу технологий и научным организациям, не входящим в зону ответственности государства. Необходимо также развитие и создание региональных инструментов поддержки инновационной деятельности: технопарков, бизнес-инкубаторов в целях усиления связей между наукой и производством, создания новой конкурентоспособной продукции.

Развитие проектов венчурного финансирования является одной из первоочередных задач государства в области создания благоприятных условий нововведениям. В настоящее время практически отсутствует поток проектов, пригодных для венчурного финансирования, поэтому необходимо создание критической массы таких проектов.

Целесообразным является создание на базе НИИ научно-инновационных комплексов для того, чтобы вокруг производителей знаний наращивались предприятия, способные реализовать эти знания на практике. Система высшего образования также должна быть дополнена инновационно-инвестиционными структурами с целью соединения науки и производства во всех регионах и отраслях.

Для эффективного осуществления инновационной деятельности на предприятиях целесообразно организовывать специальные структурные подразделения – центры ответственности за инновации.

Инновационной активности в нашей стране необходима комплексная поддержка, ведь именно она является важнейшим условием формирования эффективной инновационной экономики России.

**ИСТОЧНИКИ ФОРМИРОВАНИЯ КАПИТАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Основной целью формирования капитала организации является привлечение достаточного его объема для финансирования приобретения необходимых активов, а также оптимизация его структуры с позиций обеспечения условий последующего эффективного использования.

Современный менеджмент располагает достаточно широким набором различных источников финансирования капитала. Это кратко- и долгосрочная задолженность, привилеги-

рованные и обыкновенные акции, а для небольшого предприятия – обязательства перед одним или несколькими владельцами. Множественность источников капитала обуславливает актуальность проблемы определения наиболее рациональных их видов в соответствии с потребностями и возможностями развития предприятия.

Несмотря на большое количество источников финансовых ресурсов предприятия, по отношению собственности все они делятся на собственные и заемные. Поэтому финансовое управление формированием капитала может быть представлено как система принципов и методов разработки и реализации финансовых решений, регулирующих процесс наращивания собственных и привлечения заемных средств.

В докладе рассматриваются основные внутренние и внешние источники формирования собственных средств. Оценивается возможность финансирования капитала за счет таких внутренних источников, как нераспределенная прибыль; амортизационные отчисления; средства, присоединяемые к собственному капиталу в результате переоценки основных средств и нематериальных активов; остаток чистого оборотного капитала; реализация или сдача в аренду неиспользуемого имущества; прочие внутренние источники.

Внутренние источники не всегда могут обеспечивать необходимые темпы развития предприятий, поэтому возникает необходимость дополнительного привлечения собственных средств из внешних источников. Среди них особое внимание в докладе уделяется проблемам финансирования собственных средств за счет привлечения денежных ресурсов учредителей (участников) предприятия с помощью дополнительных взносов или выпуска новых акций.

Далее обстоятельному анализу подвергаются привлеченные и заемные источники кратко- и долгосрочного финансирования: коммерческий кредит, кредиторская задолженность, банковский кредит, коммерческие ценные бумаги; облигационные займы.

В заключении докладчик формулирует главные критерии выбора конкретного источника финансирования капитала, учет которых позволит обеспечить рост и эффективное его использование при сохранении финансовой устойчивости организации и допустимого уровня финансовых рисков.

УДК 339.9

М.А. ПОДМАРЕВА, И.Б. ГУСЕВА

## **МЕТОДИКА ВНЕДРЕНИЯ ПОДСИСТЕМЫ ФИНАНСОВОГО КОНТРОЛЛИНГА НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Управление финансами путем целенаправленного финансового планирования и контроля может достичь того, что будущие долгосрочные инвестиции будут обеспечены ограниченными финансовыми ресурсами, что сегодня очень важно для выживания предприятия на рынке. Осуществить такое эффективное управление финансами возможно благодаря использованию достижений финансового контроллинга.

Внедрение подсистемы финансового контроллинга необходимо на современном предприятии, так как она:

- поддерживает процесс управления финансами на независимой основе, делегируя часть функций финансового менеджмента;
- вырабатывает современный инструментарий и рекомендации по оптимизации финансовой структуры предприятия на основе многоуровневого подхода;
- координирует процессы в системе финансового управления при подготовке, реализации и оценке выполнения решений;
- формирует единую информационную систему для обеспечения процесса управления финансами и т.д.

Понятно, что для выполнения перечисленных задач на предприятии должна создаваться отдельная служба, например отдел финансового контроллинга.

Автор многочисленных работ по контроллингу, основатель данного направления в нашей стране С.Г. Фалько в своей книге «Контроллинг для руководителей и специалистов» выделяет несколько вариантов позиционирования данной службы:

1. Служба финансового контроллинга может представлять собой отдельное подразделение организационной структуры предприятия по определенному направлению.

2. Служба финансового контроллинга может представлять собой отдельное подразделение, но быть одновременно подчиненной главному контроллеру.

3. Служба контроллинга может представлять собой отдельные штабы управления.

Авторами был разработан четвертый вариант позиционирования.

4. Служба контроллинга может представлять собой отдельный штаб управления, но имеющий свои подразделения по каждому направлению деятельности.

Следовательно, подходить к обеспечению управления финансами на предприятии необходимо с должным вниманием. Управление финансами на основе многоуровневого подхода, по мнению авторов, является наиболее приемлемым в данном вопросе. Схема многоуровневой оценки эффективности принимаемых управленческих решений, по мнению авторов, состоит из следующих этапов:

1. Определяются уровни анализа.

2. Для каждого уровня формируется совокупность всех возможных показателей, отражающих его состояние.

3. Из полученной совокупности показателей отбираются наиболее значимые.

4. Определяются факторы, влияющие на изменение полученных показателей.

5. Определяется степень зависимости показателей от сформированных факторов.

6. На основе полученных данных разрабатываются конкретные мероприятия по повышению эффективности деятельности предприятия.

УДК 658

Д.С. СИТНИКОВА

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

ЗАО «Фирма «Актив»

Внедрение инноваций на предприятии сопряжено с целым рядом рисков и в первую очередь с управленческими. Это связано с неизбежным изменением внутренней и внешней среды, сложившихся принципов работы, образом мышления сотрудников и руководителей, работающих в режиме постоянных нововведений как в области продукта, так и в области организации процессов его изготовления.

Бесспорно, инновации приводят к увеличению численности персонала и усложнению его специализации, в результате чего работа коллектива становится менее управляемой и скоординированной. Возникают все более частые проблемы с несогласованностью действий между функциональными отделами, денежными, материальными, информационными потоками, в результате чего эффективность результатов труда снижается.

В этом смысле возникает необходимость в постоянной координации действий в вопросе управления инновациями. В рамках крупного и среднего бизнеса возникает потребность в регулировании работы сотрудников в пределах отдельного проекта. Такое управление называется процессным.

Процессный подход пока не получил достаточно широкого распространения в России, однако потребность отечественного бизнеса во внедрении инновационных проектов может

привести к его применению, что незамедлительно скажется на повышении качества и снижении себестоимости конечного продукта.

Итак, процессное управление координирует и регулирует действия на всем протяжении инновационного проекта с целью получения конечного результата к определенному периоду времени. Необходимо четко понимать разницу между административным и процессным управлением.

Административное управление – это управление на основе иерархии, где даются задания в форме приказа, а также обозначены сроки его исполнения.

Процессное управление отвечает непосредственно за выполнение всего процесса изготовления продукта в целом, с учетом места и времени соединения всех ресурсов. При данном управлении отслеживается текущее состояние дел по проекту, составляются оперативные планы работ, регулируются проблемные ситуации в режиме мониторинга, подготавливаются соответствующие отчеты для руководства.

Процессное управление тесно связано с контроллингом. Контроллинг объединяет систему управленческого учета, информационные потоки, анализ затрат по проекту, систему стратегического планирования и изучение причин отклонений и ошибок. Отсюда следует, что процессное управление опирается на данные отдела контроллинга и практически невозможно без его существования, особенно на крупных и средних предприятиях.

Таким образом, процессное управление привносит на предприятие, занимающееся инновационными разработками, целый ряд преимуществ:

- показывает все затраты и результаты по этапам процесса;
- сокращает непроизводительные потери;
- снижает потерю и искажение информации;
- позволяет осуществить постоянный контроль показателей эффективности по проекту;
- оперативно решает возникающие проблемы и т.д.

УДК 330.101.541.

Е.Ф. ШЕСТАКОВА

## **БЕЗРАБОТИЦА КАК СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОСЛЕДСТВИЕ КРИЗИСА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема безработицы является ключевым вопросом в рыночной экономике, и, не решив который, невозможно наладить эффективную ее деятельность. Особенно остро эта проблема стоит сейчас перед Россией. Огромный экономический спад, развалив промышленность, не мог не затронуть рынок труда. Депрессия приводит к бездеятельности, а бездеятельность – к потере квалификации, самоуважения, упадку моральных устоев, а также к общественным и политическим беспорядкам. Поэтому изучение проблемы безработицы и поиск путей ее решения являются не просто важным, но и очень актуальным вопросом.

Многообразие типов безработицы делает задачу ее сокращения чрезвычайно сложной. Поскольку единого способа борьбы не существует, в любой стране для решения этой проблемы приходится использовать различные методы. Уровень фрикционной безработицы может быть снижен за счет улучшения информационного рынка труда, устранения факторов, снижающих мобильность рабочей силы (создание развитого рынка жилья; увеличение масштабов жилищного строительства, отмена административных преград для переезда из одного населенного пункта в другой). Сокращению структурной безработицы более всего способствуют программы профессионального переобучения и переквалификации.

Наиболее трудно бороться с циклической безработицей. Для решения такой задачи наиболее эффективными являются следующие меры:

- создание условий для роста спроса на товары;

- стимулирование роста экспорта;
- поддержка и поощрение инвестиций реконструкцию предприятий с целью повышения конкурентоспособности продукции; создание условий для сокращения предложения труда. Очевидно, что чем меньше людей претендует на рабочие места, тем легче найти работу даже при том же числе свободных рабочих мест;
- реализация программ поддержки молодых работников. Тяжелее всего безработица ударяет по пожилым (их уже никто не хочет брать на работу из-за падающей производительности труда и ухудшения здоровья) и самым молодым (их еще никто не хочет брать на работу из-за низкой квалификации и отсутствия опыта).

Для помощи молодежи могут использоваться различные методы: экономическое стимулирование молодежной занятости; создание специальных фирм, предлагающих работу именно молодежи; создание центров обучения молодых людей тем профессиям, шансы на занятость в которых наиболее высоки. Также государство проводит программу финансовой поддержки безработного населения.

В качестве заключения хотелось бы подчеркнуть пути решения проблем безработицы: перераспределение имеющегося спроса на труд путем стимулирования перехода предприятий на неполный рабочий день, неполную рабочую неделю; бюджетное субсидирование дополнительной (по отношению к фактическому уровню) рабочей силы на действующих предприятиях; снижение фактического предложения рабочей силы за счет снижения установленного законом пенсионного возраста; предоставление рабочих мест, не ориентированных на получение прибыли, а связанных с работой в интересах общества, например, работа в области охраны окружающей среды и т.д.; переход к созданию системы социального партнерства, в том числе создание механизма выработки трехсторонних соглашений (работодатели – профсоюзы – государство) и т.д.

УДК 65.011

В.Н. НОВИКОВА

## ВИДЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблемам исследования экономической устойчивости предприятий посвящены работы ученых О.В. Арефьевой, А. Барановского, В.А. Василенко, О.И. Гадзевича, И.В. Гончар, К.П. Попова, О. Шубровской и др. Экономическая устойчивость каждого отдельного предприятия позволяет всей хозяйственной системе страны не только сохранить ее потенциал, но и обеспечить качественный подъем и выход на международные рынки с новыми конкурентоспособными товарами.

*Устойчивость* – способность системы сохранять текущее состояние при наличии внешних воздействий. Для обеспечения устойчивости важное значение имеют непрерывность управления, исключение ошибок в оценке состояния объекта управления, исключение задержек в оценке состояния объекта управления, а также четкие и последовательные действия персонала.

В настоящее время не существует четкой классификации видов устойчивости. Однако, с позиций системного подхода, для предприятия можно рассматривать следующие виды устойчивости.

*Видимая устойчивость* проявляется в том случае, если часть признаков среды неизменна и система не имеет соответствующих компенсаторных механизмов. При неизменной среде подобная система может существовать сколь угодно долго, однако любое изменение соответствующих признаков ведет к потере устойчивости.

*Групповая устойчивость* – это случай истинной устойчивости, когда система располагает полной группой компенсаторных механизмов ко всем в принципе возможным типам



изменений (в том числе и «порче» самих механизмов). Реализация этого механизма, без сомнения, чрезвычайно расточительна, тем более что и тут случаются неожиданности.

*Адаптивная устойчивость 1-го рода* предполагает наличие в системе ограниченного (заведомо неполного) набора механизмов, которые однако способны компенсировать внешнее возмущение путем создания «поглощающих» адаптивных цепочек из комбинаций имеющихся элементов. Устойчивость 1-го рода отличается тем, что возмущение последовательно «рассеивается» по элементам и частям адаптивных цепочек, полностью поглощая импульсы временного возмущения без каких-либо значительных изменений для системы.

*Адаптивная устойчивость 2-го рода* имеет сходный механизм компенсации. Однако в этом случае цепочка не линейная, а замкнутая в цикл, в результате чего появляется возможность за несколько «проходов» компенсировать возмущение, по мощности превосходящее возможности отдельной цепочки. По сути, это механизм обратной связи.

*Отложенная устойчивость* подразумевает наличие у системы возможности вовсе уйти от действия возмущающегося фактора и даже не иметь соответствующих компенсаторных механизмов.

Устойчивость может быть присуща и изменениям. Тогда выделяют устойчивость развития, перманентную и гиперустойчивость. Повышение устойчивости системы означает повышение степени активного преодоления ею неблагоприятных, в том числе случайных, вариаций внешней среды.

УДК 334.021.1

М.Г. АВЕРКИН

## **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПОЛИТИКИ ПОСТАНОВКИ ЦЕЛЕЙ В ОТНОШЕНИИ НОВЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В СОВРЕМЕННЫХ СОЦИОКУЛЬТУРНЫХ УСЛОВИЯХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Оценивая современное состояние производственных сил общества (под которыми необходимо понимать как «производство-промышленность» – организации и предприятия, так и «производство-человек» – человеческий капитал и человеческий потенциал, влияющие на поступательно-положительное инновационное развитие промышленности), есть основания полагать, что степень влияния постиндустриальных тенденций на будущее социально-экономических институций общественного строя XXI века сопоставима с той, какое оказала на историю Нового времени индустриализация.

Понятие «постиндустриализм» введенное в научный оборот Д. Рисменом в конце 1950-х гг., появившееся в литературе еще в 1914 г. (работы А. Кумарасвами), основательно разработано в 1959 г. Д. Беллом, который назвал постиндустриальным такое «общество, в котором промышленность теряет ведущую роль, а основной производительной силой становится наука», в рамках чего и разработал теорию постиндустриального общества как новой стадии цивилизационного развития (которую он связывал с формированием новой шкалы экономических и социальных ценностей).

Существующие в современной литературе немногие попытки осмысления дуального конструкта «постиндустриализм – инновации» пока не дают ясного представления о ее сущности, а оценки влияния постиндустриализма на сами инновации, инновационную политику организации (государства) и социально-экономические инновационные тенденции колеблются в очень широком диапазоне. К примеру, сам Д. Белл, указывая на базовые черты общества будущего, говорил, что:

- возрастает роль образования и фундаментальных теоретических знаний (как источника инноваций);
- происходит подчинение экономического социальному и культурному (что влечет за собой, с одной стороны, и предшествует, с другой, смене ценностных ориентиров представителей общества потребления);
- экономика постиндустриального общества – в первую очередь обслуживающая, а не производящая (обслуживающая именно сформировавшиеся «новые» ценностные ориентиры потребителя);
- формируется инновационный характер производства (соответственно, и характер построения самих организаций).

При этом рассматривая новый характер построения организации, возникает совершенно новый тип – «сетевой» (М. Кастельс), который, являясь открытым, включен в сложную сетевую организацию (на уровне региона, страны, и общемировом уровне) и не существует отдельно от нее. В рамках этого сетизация как переход к плоским и отказ от вертикальных структур построения компании дает ряд ощутимых плюсов: не обременены политическими организационными единицами, исключают дублирование компетенций рабочей силы и производственных мощностей, а также наличествует элитарный принцип формирования компетенций; на фоне ряда минусов: отсутствует регулирующая функция структуры организации, усложняется (в рамках асимметрии информации) обеспечение равной информацией всех участников сети, возрастают зависимость от кадрового состава (потенциала) и конъюнктуры как изменяющего рынка, так и ресурсов.

Фактически сетевая компания представляет собой некий компромисс между растущими затратами на построение организации и стремлением к их минимизации за счет отказа от построения организационных структур как таковых. В итоге, в сетевой организации гигантскими становятся не предприятия, а сами сети и системы, а экономика страны и/или мировая экономика при этом превращается в глобальную, тогда как она становится «способной работать как единая система в режиме реального времени в масштабе всей страны/мира».

Как результат реализации данной тренда, в государственной сфере будут наблюдаться увеличение расходов на образование и сокращение бюрократического аппарата; а в сфере экономики – рост информационного сектора, удешевление информационного продукта и ресурсов информации и, как следствие, рост производительности труда и национального дохода.

УДК 330.322.0

Н.С. ГОБЕРНИК

## **КОРПОРАТИВНАЯ СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Корпоративная социальная ответственность (КСО) – это политика и концепция стратегического развития предприятия, сформировавшаяся в США и Канаде в 50-60-х годах XX века. КСО распространяется на взаимосвязанные направления деятельности компаний:

- формирование и укрепление имиджа и деловой репутации;
- корпоративное развитие – проведение организационных изменений с участием представителей от высшего менеджмента компаний, их персонала и общественных организаций;
- экологическая политика и использование природных ресурсов;
- управление развитием персонала;
- здоровье, безопасность и охрана труда, соблюдение прав человека;

- взаимодействие с местными органами власти, государственными структурами и общественными организациями для решения общих социальных проблем;
- PR-обеспечение перечисленных направлений.

Результаты работы предприятия в рамках КСО отражаются в отчетах о социальном и экологическом развитии, предназначенных для привлечения партнеров, покупателей и инвесторов, а также в отчетах о корпоративной социальной ответственности и устойчивом развитии, которые отражают экономический (качество и безопасность продукции и услуг, их физическая и ценовая доступность), экологический (снижение вредных выбросов и других нагрузок на окружающую среду) и социальный (развитие собственного коллектива и внешние социальные проекты, включая благотворительность) аспекты деятельности компаний.

Приоритетом КСО пользуются мероприятия в области охраны окружающей среды и устойчивого развития. Только те предприятия, которые на практике добились снижения негативного экологического воздействия при одновременном росте производства можно считать устойчивыми и, соответственно, наиболее социально ответственными – именно здесь происходит взаимосвязь с КСО.

Влияние корпоративной социальной ответственности на привлекательность бизнеса для инвесторов трудно переоценить: компания может быть привлекательна с точки зрения текущей прибыльности, но крайне неустойчива с точки зрения экологической и социальной. Отчеты по КСО показывают инвестору, что данная компания уделяет постоянное внимание экологическим и социальным аспектам в своей деятельности, а риски социальных внутренних и внешних конфликтов, а также экологических санкций для нее минимальны.

Таким образом, управление корпоративной социальной ответственностью в форме реализации стратегии устойчивого развития предприятия фактически является системой управления и минимизации нефинансовых рисков.

УДК 330.52

И.В. АЛЕНКОВА

## **ИННОВАЦИИ КАК ОБЪЕКТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях рыночной экономики инновационная политика промышленных предприятий является определяющим инструментом в конкурентной борьбе, обеспечивающим условия для реализации запросов потребителей. Причем наибольшего успеха добиваются те предприятия, у которых инновационная деятельность и внедрение нового товара представляют собой непрерывный процесс управления инновационной активностью.

В процессе инновационной деятельности предприятие может функционировать с наибольшей результативностью, лишь четко ориентируясь на определенный объект и руководствуясь максимальным учетом воздействий факторов внешней и внутренней среды. Для этого необходима подробная классификация инноваций, их свойств и возможных источников финансирования.

Наиболее характерными показателями нововведений являются такие показатели, как абсолютная и относительная новизна, приоритетность и прогрессивность, уровень унификации и стандартизации, конкурентоспособность, адаптивность к новым условиям хозяйствования, способность к модернизации, а также показатели экономической эффективности, экологической безопасности и т.д. Все эти показатели новшества являются, по сути, воплощением показателей технико-организационного уровня нововведения и его конкурентоспособности. Их значимость определяется по степени влияния этих факторов на конечные результаты деятельности предприятия: на себестоимость и прибыльность продукции, ее качество, объем продаж и прибыли в кратко- и долгосрочном периодах, уровень рентабельности хозяйственной деятельности. Показатели технического уровня новшества определяют технический уровень производства в целом.

По степени новизны, инновации подразделяются на принципиально новые, не имеющие аналогов в прошлом в отечественной и в зарубежной практике, и на новшества относительной новизны. Для принципиально новых видов продукции, технологии и услуг особенно важен показатель их патентной и лицензионной чистоты и защиты, ибо они являются не только интеллектуальными продуктами первого рода, т.е. обладают приоритетностью, абсолютной новизной, но и являются оригинальным образцом, на основании которого тиражированием получают новшества-имитации копии или интеллектуальный продукт второго рода. Интеллектуальный продукт защищается правом собственности, вот почему предприятию для развития инновационной деятельности необходимо наличие патентов, лицензий, изобретений и ноу-хау

Среди инноваций-имитаций различают технику, технологию и продукцию рыночной новизны, новой сферы применения и новшества сравнительной новизны (имеющие аналоги на лучших зарубежных и отечественных предприятиях) и нововведения – усовершенствования. В свою очередь, нововведения-усовершенствования по предметно-содержательной структуре подразделяются на вытесняющие, замещающие, дополняющие, улучшающие и т.д.

Ведущими предприятиями накоплен успешный опыт организации инновационной деятельности по следующим уровням: создание комитетов по инновационным проектам; целевые группы; внутренние инновационные проекты; создание системы внутренних венчурных проектов; создание внутренних венчурных подразделений; выделение самостоятельных предприятий для реализации инновационных проектов; инновационные консорциумы.

УДК 330

Н.А. КУФТЫРЕВА

## **МЕХАНИЗМ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО БЮДЖЕТА В СИСТЕМУ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-АКТИВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Бюджетное управление является универсальным способом управления предприятиями с различной отраслевой принадлежностью, поскольку в его основе лежат принципы, удовлетворяющие различным особенностям и целевым приоритетам предприятий. Но следует отметить, что универсальные подходы, методы, способы и принципы зачастую не учитывают ряд определенных особенностей, например, таких как инновационная активность предприятия. В целях обеспечения наибольшей степени соответствия способа бюджетного управления целям, потребностям, особенностям инновационно-активного предприятия и с учетом приоритетности данного направления в рамках развития государства в долгосрочном периоде предлагается совершенствовать модель бюджетного управления, путем введения в бюджетную структуру предприятия инновационного бюджета.

Далее представлен механизм внедрения инновационного бюджета в систему бюджетирования инновационно-активного предприятия (табл. 1).

*Таблица 1*

### **Механизм внедрения инновационного бюджета в систему бюджетирования инновационно-активного предприятия**

Модули механизма	Этапы принятия решения	Необходимые действия
1	2	3
Принятие решения о внедрении усовершенствованной мо-	1. Формирование целей и задач	Разработка стратегий предприятия

дели в систему бюджетирования	2. Мониторинг текущего состояния и оценка перспектив развития	Исследование текущих показателей состояния предприятия и анализ показателей перспектив развития
-------------------------------	---	---

Окончание табл. 1

1	2	3
	3. Оценка возможностей	Корректировка стратегий на базе проведения дополнительных исследований
	4. Принятие окончательного решения на базе стратегии предприятия	Решение о внедрении инновационного бюджета в систему бюджетирования предприятия
Реализация процедуры внедрения	1. Взаимная увязка бюджетов в системе	Проработка доходной и расходной частей бюджетов
	2. Определение центров ответственности	Делегирование ответственности на определенные подразделения и сотрудников
	3. Обучение персонала	Проведение бизнес-семинаров, тренингов
	4. Автоматизация процесса	Подключение к процессу технических специалистов

УДК 65.011

Р.Ш. МАНСУРОВ, М.М. НИКИТАЕВ, Е.Ю. МАКСИМОВА

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инновационная составляющая организационно-управленческого потенциала представлена на рис. 1. Рассмотрим основные модули, входящие в ее состав.



Рис. 1. Инновационная составляющая организационно-управленческого потенциала

*Внедрение инновационных методов и технологий управления* включает в себя следующие разделы:

- создание инновационных подразделений в структуре управления (коэффициент  $V_1$ );
- производственный менеджмент (коэффициент  $V_2$ );
- управление рисками (коэффициент  $V_3$ );
- управление качеством продукции (коэффициент  $V_4$ );
- стратегическое управление (коэффициент  $V_5$ );
- управление внешнеэкономической деятельностью (коэффициент  $V_6$ );
- создание инновационной культуры предприятия (коэффициент  $V_7$ ).

*Организация маркетинга инноваций* характеризуется коэффициентом  $V_8$ , определяющим качество маркетинга инноваций (освоение новых рынков сбыта, привлечение клиентов и т.д.).

*Управление информационным потенциалом* включает в себя следующие мероприятия:

- оптимизация управления информационным ресурсом (коэффициент  $V_9$ );
- внедрение информационных технологий (коэффициент  $V_{10}$ );
- создание баз данных по объектам инноваций (коэффициент  $V_{11}$ ).

*Организация внедрения инноваций* включает следующие мероприятия:

- проведение экспертизы инновационных проектов (коэффициент  $V_{12}$ );
- трансферт технологий (коэффициент  $V_{13}$ );
- коммерциализация ОИ (коэффициент  $V_{14}$ ).

По каждой из приведенных составляющих инновационного потенциала предприятия можно вычислить функцию  $\Psi_i$ , определяющую ее инновационный потенциал:

$$\Psi_i = \sum_{j=1}^m s_j k_{ij}; \sum_{j=1}^m s_j = 1, \quad (1)$$

где  $k_{ij}$  –  $j$ -й показатель  $i$ -й составляющей инновационного потенциала (меняется от нуля до единицы);  $s_j$  – рейтинг  $j$ -го показателя;  $m$  – число показателей в составе данного раздела инновационного потенциала.

Общий инновационный потенциал предприятия может быть найден как сумма инновационных потенциалов всех его составляющих:

$$\Psi_i = \sum_{i=1}^5 r_i \Psi_i; \sum_{i=1}^5 r_i = 1, \quad (2)$$

где  $r_i$  – рейтинг  $i$ -й составляющей инновационного потенциала.

УДК 330

Р.Ш. МАНСУРОВ, В.С. МУШИН

## ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инновационная составляющая производственно-технологического потенциала представлена на рис. 1. Рассмотрим более подробно ее основные модули.

*Обновление производственных фондов* определяется с помощью коэффициента обновления  $\Pi_1$ , равного отношению стоимости вновь введенных основных фондов за определенный период к стоимости основных фондов на конец того же периода.

*Производство новых видов продукции.* По данному блоку определяется коэффициент обновления продукции  $\Pi_2$ , равный отношению количества новых видов продукции общему к общему числу видов продукции.



**Рис. 1. Иновационная составляющая производственно-технологического потенциала**

*Повышение конкурентоспособности* определяется коэффициентом конкурентоспособности предприятия  $\Pi_3$  по следующей формуле:

$$\Pi_3 = \sum_{i=1}^n a_i b_j k_{ij}, \quad (1)$$

где  $a_i$  – удельный вес  $i$ -го товара предприятия в объеме продаж за анализируемый период;  $b_j$  – показатель значимости рынка, на котором представлен товар предприятия;  $k_{ij}$  – конкурентоспособность  $i$ -го товара предприятия на  $j$ -м рынке, определяемая по формуле

$$k_{ij} = \frac{E_{ij}}{E_{ij}^*} u_1 u_2 \dots u_n, \quad (2)$$

где  $E_{ij}$  – эффективность анализируемого образца объекта на  $j$ -м рынке (отношение единицы полезного эффекта к единице валюты);  $E_{ij}^*$  – эффективность лучшего образца-конкурента, используемого на данном рынке;  $u_1, u_2, \dots, u_n$  – корректирующие коэффициенты, учитывающие конкурентные преимущества.

*Рост производительности труда* определяется показателем  $\Pi_4$ , который отражает динамику повышения производительности труда на предприятии за счет внедрения инноваций.

УДК 621.039.003

А.В. ЧИСТЯКОВА, Л.В. ГУРЕЕВА

## КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРОДУКТА В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

ОАО «ОКБМ Африкантов»

Конкурентоспособность товара - это такой уровень его экономических, технических и эксплуатационных параметров, который позволяет выдержать соперничество (конкуренцию) с другими аналогичными товарами на рынке.

Конкурентоспособность включает три основные составляющие: качество изделия как такового, экономика создания сбыта и сервиса товара и экономические возможности и ограничения потребителей, удовлетворенность потребителей.

Оценка конкурентоспособности продукта производится путем сопоставления параметров анализируемой продукции с параметрами базы сравнения. Сравнение проводится по группам технических и экономических параметров. При оценке используются дифференциальный, комплексный и смешанный методы оценки.

Дифференциальный метод оценки конкурентоспособности основан на использовании единичных параметров анализируемой продукции и базы сравнения и их сопоставлении.

Комплексный метод оценки конкурентоспособности основывается на применении комплексных (групповых, обобщенных и интегральных) показателей или сопоставлении удельных полезных эффектов анализируемой продукции и образца.

Смешанный метод оценки представляет собой сочетание дифференциального и комплексного методов. При смешанном методе оценки конкурентоспособности используется

часть параметров рассчитанных дифференциальным методом и часть параметров рассчитанных комплексным методом.

Сегодня на мировом рынке сооружения АЭС наблюдается жесткая конкуренция между различными проектами АЭС. Заказчики осуществляют выбор проектов с учетом затрат как единовременных (капитальных), так и имеющих место на протяжении всего жизненного цикла АЭС. Во всем мире компании, участники проекта сооружения АЭС, действуют в различных национальных условиях, определяемых экономическими, политическими, правовыми, институциональными и прочими факторами конкретной страны. При работе на экспорт компании опираются на свои конкурентные преимущества, наработанные на внутреннем рынке.

В докладе описаны факторы, учитывающиеся при оценке конкурентоспособности проектов АЭС, а также механизмы повышения конкурентоспособности проектов сооружения АЭС.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИТИКИ РУКОВОДСТВА НИЖЕГОРОДСКОЙ ПЛОЩАДКИ «ГРУППЫ «ГАЗ»», В ПЕРИОД КРИЗИСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Автопром как самая социально ориентированная отрасль машиностроения оказалась наиболее уязвимой для кризиса. ОАО «Горьковский автомобильный завод» и ООО «Автомобильный завод «ГАЗ»» нижегородской площадки «Группы «ГАЗ»» – крупнейшего производителя автомобилей на территории Российской Федерации – в условиях кризиса вынуждены проводить новую экономическую политику.

Целью работы является исследование антикризисных мероприятий, проводимых ОАО «Горьковский автомобильный завод» и ООО «Автомобильный завод «ГАЗ»».

Все антикризисные меры можно разделить на четыре группы.

*Первая группа: мероприятия направленные на сокращение издержек.*

Основные направления сокращения издержек включают снижение себестоимости продукции на 20%, сжатие производственных площадок до оптимальных размеров, вывод из производства неиспользуемого оборудования.

Авторами были отмечены такие меры, способствующие сокращению издержек, как снижение запасов товарно-материальных ценностей и готовой продукции, оптимизация технологических процессов. С этой же целью в компании сокращены на 50% управленческие расходы, на 30% – коммерческие расходы.

*Второй группой антикризисных мер является разработка новых образцов рентабельной продукции.* Это разработка «Газели-Эконом» с целью обеспечить более доступной по цене техникой частных предпринимателей, представителей малого бизнеса и агропромышленного комплекса. В феврале 2010 года «ГАЗ» начал серийное производство модернизированного автомобиля «ГАЗель-Бизнес» с улучшенными потребительскими характеристиками. Также компания планирует разработать и внедрить в производство к 2012 году легкий коммерческий автомобиль нового поколения с рабочим названием «Газель-3».

*Третья группа мер: поиск массового потребителя на территории России.* Как любой крупный товаропроизводитель «ГАЗ» стремится получить заказ от государства. В роли заказчиков выступили Министерство регионального развития, Росагролизинг, Газпром, Почта России, Ростелеком, Госнаркоконтроль и другие представители госсектора. Автомобили «ГАЗель» поставляются в Данию, Норвегию, Финляндию, Германию, Чехию, Венгрию Хорватию, Словению, Словакию, Югославию, Польшу, Румынию, Македонию, страны Балтии.

«ГАЗ» готовит большую программу, которая охватит те страны, куда он исконно поставлял свою технику: страны Латинской Америки, Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, центральной и северной Африки.

*Четвертая группа антикризисных мер: использование государственной поддержки и разработка программы льготного кредитования для потребителей продукции ОАО «ГАЗ».*

Специалистами «Горьковского автомобильного завода» разработана программа оперативного лизинга. Также совместно со своими партнерами, «Группа ГАЗ» разработала программы льготного кредитования. Помимо этого действуют совместные программы с Правительством Нижегородской области: субсидирование кредитной ставки потребителям при покупке автомобиля стоимостью до 800 тысяч рублей и программа компенсации до 50 тысяч рублей при обмене старого автомобиля на автомобильную технику «ГАЗ». Компания внедряет услугу trade-in на территории всех дилерских центров в РФ.

ОАО «ГАЗ» продолжает работать, несмотря на сложную экономическую ситуацию, не имеет задолженностей по зарплате и налоговым платежам. Основной задачей, стоящей перед руководством ОАО «ГАЗ» в 2010 году, по-прежнему является выход на безубыточность производства. Этому должны способствовать перечисленные антикризисные мероприятия.

**МИРОВОЙ ФИНАНСОВЫЙ КРИЗИС**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Кризис, который зародился в ипотечной индустрии США и стал постепенно превращаться в мировой, назвали финансовым. Мы наблюдаем крах определенной модели капитализма, а также крах пост-Бреттон-Вудской валютной системы. Ставки исключительно высоки, поэтому кризис необходимо рассматривать как важнейший поворотный момент XXI века.

Преыдущие полтора года средства массовой информации старались избегать рассуждений на тему кризиса, правительства и центральные банки многих стран с уверенностью заявляли, что никакого кризиса нет и быть не может.

Причин текущего мирового кризиса предостаточно. С фундаментальной точки зрения, любая экономическая система с рыночным ценообразованием и возможностью привлечения кредитного рычага склонна к проявлениям цикличности.

Другая рациональная причина, о которой мало говорят применительно к текущему кризису, – это стремительный подъем экономик развивающихся стран, в первую очередь Китая и Индии. В связи с этим, проблемы в мировой экономике стоит рассматривать как очередной виток кризиса глобализации.

Главной движущей силой интернационализации мировой экономики стали международные финансы, развитие которых опережает рост мирового производства и экспорта. Именно встречные потоки прямых инвестиций, диверсификация, расширение и интеграция международных финансовых рынков вывели мировую экономику на качественно новый уровень интернационализации – глобализацию.

*Развитие финансовой глобализации* обеспечивается расширением кредитно-инвестиционной деятельности транснациональных корпораций и банков и механизмами международных финансовых рынков. Она проявляется в высокой мобильности, нарастающей масштабности, диверсификации и интеграции международных финансовых ресурсов и потоков.

Финансовая глобализация выявилась в 1970-е годы, когда объем международной ликвидности и несбалансированность текущих платежей резко возросли, в результате *отмены золото-девизного стандарта и фиксированных валютных курсов, нефтяных "шоков" и многократного увеличения мировых цен на нефть*, накопления "нефтедолларов" и пополнения евровалютных ресурсов, расширения международного банковского кредитования и эмиссии ценных бумаг на международных рынках.

*Почти три десятка лет мировая экономика функционирует в дефицитном режиме с постоянным отрицательным сальдо по мировым текущим расчетам и превышением мировых инвестиций над мировыми сбережениями*, что и является главным фактором расширения финансового сотрудничества и взаимозависимости, наращивания мировой внешней задолженности в условиях возрастающей международной мобильности капитала.

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭТАПА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТОВАРА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Модель жизненных циклов – одна из наиболее известных моделей стратегического менеджмента. Существует большое количество методов оценки этапов жизненного цикла. В большинстве случаев описание этапов основывается на качественных параметрах. Однако на практике менеджеры чаще отдают предпочтение количественным методам.

Рассмотрим основные количественные методы оценки этапа жизненного цикла товара (ЖЦТ).

1. Метод Polli-Cook основан на анализе изменения величины сбыта во времени. Предполагается, что в группу входит  $n$  товаров  $T_i, i = \overline{1, n}$ . Величина сбыта этих товаров в году  $t$  обозначена через  $x_{i1}$ , а в году  $(t+1)$  – через  $x_{i2}$ . Тогда изменение сбыта этих товаров, по сравнению с предыдущим годом

$$\Delta x_i = x_{i2} - x_{i1}, i = \overline{1, n}.$$

Допускается, что эти изменения распределены по нормальному закону со средним  $\mu$  и дисперсией  $\sigma^2$ :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n}; \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \mu)^2}{n}.$$

Тогда товар относится к фазе спада, если рост его сбыта меньше, чем величина  $(\mu - 0,5\sigma)$ . Если рост сбыта больше, чем  $(\mu + 0,5\sigma)$ , то товар относится к фазе роста. Если  $\mu - 0,5\sigma \leq \Delta x_i \leq \mu + 0,5\sigma$ , то товар находится в фазе зрелости, или насыщения.

2. Чуровский С.Р. предложил оценивать этапы ЖЦТ с использованием финансовых критериев: ВР – текущей выручки от реализации; ПЗ – переменных затрат; ПР – порога рентабельности; П – текущей прибыли; ПБ – порога безубыточности.

Продукт находится на этапе выхода на рынок, когда  $ВР \leq ПЗ$ , если  $ПЗ < ВР \leq ПР$  – продукт на этапе роста. Этап зрелости наступает, когда  $ВР > ПР$ ;  $П > 0$ . Если (на отрицательном склоне)  $ВР = ПБ$ , продукт снимается с производства.

Порог безубыточности данного товара – такая выручка от реализации, которая покрывает переменные и прямые постоянные затраты. При этом промежуточная маржа равна нулю. Порог рентабельности товара – такая выручка от реализации, которая покрывает не только переменные и прямые постоянные затраты, но и отнесенную на данный товар величину косвенных постоянных затрат, при этом прибыль от данного товара равна нулю.

3. Богданов А.И. разработал имитационную модель ЖЦТ на основе дисконтированного дохода. Введены следующие обозначения:  $t_i$  – момент начала очередного ( $i$ -го) этапа;  $\Delta t_i$  – его продолжительность;  $d$  – величина максимального дохода, который предприятие получает за единицу времени на стадии зрелости. Таким образом, для описания ЖЦТ используются всего пять переменных ( $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4, d$ ), которые представляют собой случайные величины (рис. 1).

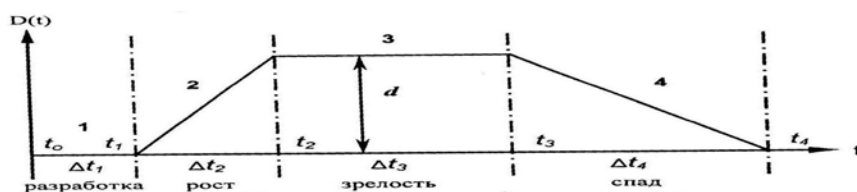


Рис. 1. Кривая дохода на стадиях жизненного цикла ассортиментной группы

Так как нормальное распределение допускает возможность отрицательных величин, а продолжительность стадий ЖЦТ и доход не могут быть отрицательными, выбирается  $\beta$ -распределение, при котором случайные величины положительны.

УДК 316.3

Н.В. ГУСЕВА, А.В. МОСКВИЧЕВА

### КНИГА И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ В ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОГО СТУДЕНТА

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Книга – источник знаний? Так ли это в эпоху электронных медиа? Авторы – сами книголюбцы – решили исследовать вопрос и проверить гипотезу об утрате книгой своего значения в жизни современного студента.

Книга – это сложный социально-культурный феномен. Авторы полагают, что значение книги можно исследовать? как минимум? в трех аспектах: прикладном (книга как источник сведений, в чем с ней успешно конкурируют электронные источники); эстетическом (книга как произведение искусства, причем не только литературы, но и полиграфии); личностном (книга – часть образа жизни, объект моды, способ уйти от действительности либо, напротив, способ «освоить» современность).

Таким образом, можно уточнить гипотезу: книга утрачивает значение как источник знаний, но, вместе с тем, повышается значимость книги как части индивидуального образа жизни.

Для проверки гипотезы авторами был проведен анкетный опрос однокурсников (45 человек): подавляющее большинство (86,6%) считают книгу важнейшим фактором образования и обучения человека в XXI веке, лишь 46,6% считают себя книголюбцами, 26,1% и вообще об этом не задумывались (большинство из них женщины), только 33,3 % читают книги по специальности, а 73,3% – для души (для поиска информации предпочитают Интернет), 20% пользуются электронными книгами (женщины). Методическую литературу читают только 13,3% (мужчины) и 16,6% (женщины), 60% респондентов пользуются услугами институтской библиотеки, 40% редко пользуются ей, обращаясь за книгами по специальности, 83,3% предпочитают книги для души. Таким образом, результаты пилотажного исследования опровергли первоначальную гипотезу: для большей части студентов книга по-прежнему является источником знаний.

Следующим шагом исследования стали экспертные интервью с библиотекарями, преподавателями и студентами 3–5-го курсов. Оказалось, чем старше студенты, тем больше им приходится читать по специальности. Как правило, это печатные книги, так как большинство технической, специализированной литературы не переведены в этот вид. Преподаватели и библиотекари тоже читают для работы: на чтение для отдыха у них нет времени. Естественно, среди студентов существуют те, которые вообще ничего не читают, но большинство все же тянется к книге.

Очень интересным и неожиданным для респондентов стал вопрос об «идеальном библиотекаре» и «идеальном читателе». Все опрошиваемые студенты ответили так: «Библиотекарь – человек 20–30 лет, девушка (парень) с приветливой улыбкой, приятной внешностью, доброжелателен, вежлив и всегда знает, какие книги мне нужны и может посоветовать альтернативные источники или других авторов». Мнение библиотекарей об «идеальном читателе» следующее: «Студенты должны быть приветливыми, соблюдать правила поведения в библиотеке, четко знать автора и название книги, также бережно обращаться с ними и не быть задолжниками».

Итак, книга не потеряла своего значения ни в прикладном, ни в личностном, ни в эстетическом аспектах, так как в библиотеке пользуется спросом и техническая, и научная, и художественная литература. Авторы полагают, что будущее книги и чтения связано еще с одним аспектом – гедонистическим: книга – источник интеллектуального наслаждения!

УДК 316.3

Г.А. ФЙЗРАХМАНОВА, О.А. ОЖОГИНА

## ПАСТЕРИЗАЦИЯ КАК ПРИМЕР ДИНАМИКИ КУЛЬТУРЫ

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

В современной России остро встает вопрос о создании и массовом распространении новейших технологических решений, а значит, для менеджмента всех уровней важен механизм этого распространения. Выводы социологии культуры представляются авторам полезными для решения этой задачи.

Предметом исследования в работе стал процесс внедрения пастеризации как способа решения актуальной в XIX веке проблемы хранения молочных продуктов. Авторы поставили задачу: описать и проанализировать процесс внедрения пастеризации в производственную практику и повседневную культуру как процесс культурной динамики. Для описания использована модель культурной динамики А.Моля. Решение проблемы скисания молока принадлежит французскому химику Луи Пастеру: именно он установил, что причиной скисания молока является скопление микроорганизмов, отсутствующих в кипяченом молоке. Он сделал вывод, что наличие посторонней микрофлоры вызывает порчу продукта, а высокотемпературное воздействие губительно сказывается на ее жизнедеятельности. Данный процесс и получил название пастеризация: способ уничтожения микробов в жидкостях и пищевых продуктах однократным нагреванием до температуры ниже 100°C (обычно 60-70°C) с различной выдержкой (чаще 15-30 мин).

Используя модель культурной динамики А.Моля, прежде всего отметим формирование и действие творческой личности ученого, и появление продукта его творческой деятельности – открытия причины скисания молока и способа обработки молочных продуктов. Первую оценку открытие Пастера получило 8 апреля 1864 года в Сорбонне. Члены французской Академии наук – микросреда культурного образца. Ученые признали разработку Пастера полезной, и тем самым идея получила первое распространение.

Дальнейшему распространению данного культурного образца способствовали:

- во-первых, его ценность и значимость как научного открытия;
- во-вторых, реакция, которую это открытие вызвало в научных кругах;
- в-третьих, печатные издания, изложившие суть процесса широкой аудитории.

Процесс пастеризации в то время не имел конкурентоспособных аналогов и в развитии промышленного производства пищевых продуктов стал неотъемлемой стадией технологического процесса, прежде всего став частью производственной культуры. Впоследствии процесс пастеризации усложнился и включил такие виды тепловой обработки, как длительная пастеризация (температура пастеризации  $t = 65^\circ\text{C}$ , время воздействия температуры  $z = 30$  мин), кратковременная пастеризация ( $t = 71 - 74^\circ\text{C}$ ,  $z = 40$  с), мгновенная пастеризация ( $t = 85^\circ\text{C}$ ,  $z = 8 - 10$  с). Появились и различные режимы пастеризации, обеспечивающие безопасность продукта с точки зрения санитарно-гигиенических требований и придающие им направленные технологические и органолептические свойства.

Авторы полагают, что универсальная модель культурной динамики, использованная для описания жизненного цикла идей и технологических решений, может стать основой для разработки механизма поддержки и распространения новейших научных и технологических решений, поскольку использует социальные и социально-коммуникативные механизмы. Общий вывод таков: успех решения технологических проблем имеет не только научные, но и социальные аспекты.

**ЭЛИТА И ОБЩЕСТВЕННЫЙ ИДЕАЛ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Желание показать себя первым проявляется  
в стольких формах, сколько возможностей  
предоставляет данное общество.*

*Й. Хейзинга*

Дистанцирование элиты от общества, осуществляемое на различных уровнях социальной действительности, может быть представлено через анализ когнитивных практик; данный подход является, на взгляд автора, чрезвычайно продуктивным, поскольку подобным образом могут быть отражены все ключевые социокультурные функции элиты: символическая, целеполагающая, интегративная. Сущность феномена социальной стратификации такова, что эти функции скорее задаются, нежели предполагаются в качестве реальной программы действий, их совокупность выступает как способ самореализации, образ жизни.

В современном российском обществе данный образ в силу ряда обстоятельств носит более искусственный или, точнее, противоестественный характер, нежели его западный аналог. Сословная структура в её традиционном варианте в нашей стране была чрезвычайно слаба, как, впрочем, и любая форма порядка; обозначившееся позже «элитарное» всегда было скорее психологической, нежели социологической категорией. В силу этого конститутивное значение социальных процессов для различных аспектов мышления выражено более ярко, элита в данном контексте может быть определена как страта, задающая определённую систему координат посредством формирования общественного идеала.

Данное понятие отражает некий продукт мышления, сформировавшийся в ходе бесконечного ряда реакций на типичные ситуации, возникающие в обществе. Его можно определить как господствующую в данном обществе и в данный исторический период интерпретацию мира, формирующую круг смысловых значений вещей посредством их социализации. Общественный идеал обладает стабилизирующей функцией, т.е. он маскирует непрерывный процесс текучести, лежащий в основе всего существующего, коррелирует рационализированную структуру знания и иррациональную среду общественных отношений.

Элиту, задающую этот общественный идеал, можно в рамках системной социологии трактовать как одну из функций самосохранения системы; в этом заключается её коренное отличие от интеллигенции (интеллектуалов), чью причастность к различного рода идеологиям и утопиям также нельзя отрицать. Игра в общественный идеал в нашей стране с советских времён не претерпела существенных изменений. Элита по-прежнему напоминает замкнутую касту, малодоступную эмпирической социологии. Смена самого идеала, какой бы радикальный характер она ни носила, безотносительна к характеру социокультурной границы, дистанцирующей элиту от общества. Взаимодействие их парадоксально: так называемой «верхней» страте приписываются атрибуты на основании длинного списка изначально не реализуемых требований, сама же эта страта, игнорируя базовый слой населения, задаёт ценностные ориентиры – упрощающие и обезличивающие, которым общество, тем не менее, вынуждено следовать.

**ЭЛИТА И СРЕДНИЙ КЛАСС В ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ:  
МАРКСИСТСКИЙ ВЗГЛЯД**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Амбивалентность марксизма, выражающаяся в противопоставлении экономического горизонта и политической границы, наглядно проявляется в двойственности возможного истолкования любой социальной группы. Демаркационной линией, отграничивающей её от

других, можно считать отчуждение от собственности либо от власти. Соответственно, интерпретации дифференциации общества в рамках экономической и политической теории классов радикальным образом отличаются. Один и тот же социологический портрет начинает обретать подчас диаметрально противоположные характеристики, особенно интересным при этом становится сопоставление бинарных оппозиций социального пространства.

Одной из наиболее актуальных, на взгляд автора, является антитеза элиты и среднего класса – своего рода «фаворитов» современных социологических дискурсов. Привлечение марксистской методологии к их анализу в современной российской ситуации представляется актуальным в силу нескольких обстоятельств.

Во-первых, наши ценностные ориентиры остаются во многом советскими: духовному миру посттоталитарного общества нелегко даются новые практики, при всём разнообразии открывающихся возможностей никто не стремится воспользоваться свободой мысли. Во-вторых, специфика цивилизационного развития России на любом этапе, включая современный, глубоко созвучна концептуально-методологическому аппарату марксизма, диапазон его приложений чрезвычайно широк, он может выступать и как идеология, и как утопия, и как руководство к действию.

Данный аспект коренится в сходном восприятии пространства и времени, обуславливающим основные ценностные ориентиры, так происходит даже сейчас, когда перед лицом информационных реалий общество выходит за рамки детерминации непосредственными материальными интересами. В-третьих, и элита, и средний класс – с точки зрения марксизма понятия сами по себе весьма дискуссионные. Сам К. Маркс не уделял внимания их детальному анализу по вполне понятным причинам, не находя им места ни в классической гегелевской триаде, ни в позитивистских ценностных ориентирах. Ортодоксальная версия марксизма их просто игнорирует, гуманистическая – иногда обращается к ним как к утраченному идеалу прошлого или будущего.

Маска буржуазии и пролетариата, примеряемая на элиту и средний класс И. Валлерстайном, плохо держится на их виртуализирующемся облике, тем не менее, именно этот взгляд чрезвычайно популярен в современной российской социологии.

Реальный средний класс в нашей стране чрезвычайно малочислен, а жизнедеятельность высшей страты, также составляющей ничтожную часть населения, закрыта для эмпирических исследований. Это не мешает возлагать то на первое, то на второе миссию по выведению общества из кризисного состояния, что навеивает аналогию всё с тем же марксизмом, уповающим на победу мифического пролетариата. И всё же раскрытие социологического содержания рассматриваемых понятий через их детерминацию по отношению к сфере производства является значимым с точки зрения научного анализа. Подобно тому, как опора на сырьевую экономику делает излишней потребность в стабилизирующих функциях среднего класса, преобладание иждивенческой идеологии исключает конструктивное противодействие монополизации власти. Практически весь объём политического капитала сосредоточен в настоящее время в руках менее чем 0.5% населения страны, что, тем не менее, не инициирует обострения социальной напряжённости.

Таким образом, мы приходим к проблеме детерминации производственными реалиями не столько общественных структур и образований, сколько рекурсивности современных социальных дискурсов.

УДК 316.3

О.С. НИЛЕНДЕР, Н.О. УШАКОВА, А.Е. РОГОЖИН

### **ТЕАТРАЛЬНОЕ ИСКУССТВО КАК АГЕНТ СОЦИАЛИЗАЦИИ**

Дзержинский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексева)

Вхождение в жизнь новых членов общества обеспечивает процесс социализации, действие агентов которого в современном обществе различно по направленности и содержанию. Одним из институтов социализации с древности и до наших дней остается театр. Многообразие современного театра отражает особенности социализации в постсовременном обществе:

отсутствие единого общепринятого и общеобязательного образца, расширение возможностей выбора модели поведения.

Особенности театра как агента социализации определены его функциями: просветительской, эстетической, развлекательной, коммуникативной. Театр полифункционален, а особенность театрального представления – в концентрированной передаче жизненного опыта, эмоциональной насыщенности и коллективном моделировании социальности.

Но каково реальное действие этого агента социализации? Авторы – участники проекта «Театр+Мы» – исследовали отношение своих однокурсников к театру. В анкетном опросе они выяснили степень знакомства с искусством театра и личное отношение к этому виду искусства (выборка случайная,  $N=84$ ). Вот что показали результаты опроса: театр посещали 99% опрошенных и на большинство из них (66 %) театр произвел положительное впечатление; 10% посетили театр, и для них он остается неизвестным, загадочным, но очень манящим к себе. 56% опрошенных театр просто привлекает; есть и такие, у которых после посещения театра осталось неприятное впечатление (9%); 1% никогда не были в театре и не хотят его посещать, так как театр для них является чем-то пугающим и отталкивающим.

Часть студентов, побывавших на спектакле после прочтения пьесы, были потрясены игрой актеров и художественным оформлением спектакля 70 %, 20% были под впечатлением содержания пьесы. Еще 10 % были поражены самой атмосферой театра. По результатам опроса видно, что ответы юношей и девушек во многом схожи, но девушки все же чаще бывают в театре, более ориентированы на классику, а юношей привлекает зрелищность постановки. Ответы студентов одной специальности сходны: они проводят много времени вместе, много общаются, их интересы пересекаются; возможно, эти люди обладают схожим складом ума. А вот студенты разных групп, скорее всего, отличаются способом мышления.

Общие выводы таковы: большинство студентов хорошо относится к театру. Театр не отталкивает их, а привлекает, и эти симпатии одинаковы и у юношей, и у девушек. Также они сошлись во мнении, что театр относится к возвышенному виду искусств. Однако по результатам опроса видно, что большинство студентов воспринимают театр как место для отдыха и развлечений. Они хотят видеть зрелищные спектакли с хорошей игрой актеров и хорошим художественным оформлением, а вот серьезные, глубокие постановки, затрагивающие проблемы современного человека, остаются не востребованными для них как зрителей. Социализирующая роль театра реализуется по преимуществу на уровне освоения «образца культурного досуга».

Таким образом, опрос обозначил новые проблемы, которые предстоит решить в рамках проекта «Театр+ Мы»: от общего знакомства с искусством театра следует перейти к содержательному освоению всего его богатства.

УДК 316.776.4

М.Г. АВЕРКИН

## **РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТООБЪЕМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПОНЕНТЫ СОЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕТИЧНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Позицию постиндустриализма, рассмотренную автором в статье «Анализ развития политики постановки целей в отношении новых форм организаций и экономического сотрудничества в современных социо-культурных условиях» каждый из теоретиков (Д. Белл, А. Тоффлер, Я. Майлс и др.) оценивал по-своему и, тем не менее, у всех есть общее видение



постиндустриализма как качественно новой и закономерной стадии развития общества, приходящей на смену индустриальной стадии.

При этом сам Д. Белл подчеркивал центральную роль информации и знания в своем проекте будущей социальной системы, описывая в книге 1973 г. «The Coming of Post-Industrial Society» социологический портрет нарождающегося общества, рассматривая постиндустриализм в связи с увеличивающимся интересом к развитию компьютерных и телекоммуникационных технологий как информационное общество.

В рамках подобной позиции переход к постиндустриальному обществу нужно рассматривать как единый социально-экономический процесс, один из значимых процессов современной общецивилизационной эволюции. При том, что обычно основное внимание уделяется экономической стороне дела, нельзя забывать, что в этом процессе невозможно выделить ни экономическую, ни социальную, ни политическую составляющие «в чистом виде», их функционирование проистекает исключительно в симбиозе.

Важнейшие общие идеи различных трактовок постиндустриализма следующие: «Если экономической базой доиндустриального (аграрного) общества было сырье, прежде всего для производства продовольствия, базой индустриального общества - энергия для обработки, то базой нового общества становится информация. На смену ресурсоемким и трудоемким технологиям приходят «интеллектоемкие» технологии, которые становятся главной производительной силой общества». В итоге, главной чертой постиндустриального хозяйства становится ведущая роль третичного сектора (сфера услуг и сервиса, нематериальное производство, третичный сектор экономики).

Поскольку национальный доход возрастает, мы видим, что доля денег, потраченных на питание дома, начинает снижаться, а дополнительные доходы сначала используются для приобретения товаров долговременного пользования (одежда, дома, автомобили), а потом – на предметы роскоши, отдых (теорема Кристиана Энгеля). Таким образом, третичный сектор, сектор персональных услуг – рестораны, отели, автосервис, путешествия, развлечения, спорт – начинает расти, так как горизонты людей расширяются и появляются новые ценностные ориентиры и потребности.

Но рассматривая Европейскую систему интегрированных экономических счетов, мы видим, что все отрасли экономики – производители, которые делятся на отрасли, производящие товары, и отрасли, производящие услуги (как рыночные, так и нерыночные). И те, и другие отрасли дают добавленную стоимость и производят продукт, формирующий общий ВВП страны и/или региона. Дабы проследить тенденцию происходящих изменений проанализируем экономическое положение классических индустриальных стран (к примеру, Германии) и менее классических (к примеру, России и США), показатель доли промышленности в ВВП, начиная со второй половины 1970-х гг., неуклонно снижался, и росла доля нематериального производства и третичного сектора (табл. 1).

*Таблица 1*

Страны	ВВП		
	1980 гг., %	1990 гг., %	2000 гг., %
Россия	40	30	< 20
Германия	-	< 10	< 20
США	> 15	> 15	< 15

Таким образом, только при утвердительном ответе на поставленный вопрос о соотношении ролей отрасли, производящей товары, и отрасли, производящей услуги, в новых социо-экономических условиях возможно понимание истинного смысла и последствий постиндустриализации, но главное то, что именно сервис и производство услуг, а также новых ценностей и потребностей, становится основной производственной базой постиндустриального общества.

## АНАЛИЗ ТЕКСТА В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА ИНОСТРАННЫМ СТУДЕНТАМ

Нижегородское высшее военно-инженерное командное училище

Методика русского языка всегда пристально изучала процесс формирования аспектных речевых навыков и коммуникативных умений у иностранных курсантов, обучающихся на подготовительных факультетах.

Овладение речью складывается на основе восприятия чужой речи и последующей собственной речевой практики. Общение людей совершается тем точнее, надежнее и продуктивнее, чем точнее и правильнее организуется речь, тем быстрее и безошибочнее она воспринимается. Для оптимального общения обе стороны (говорящий и слушающий) должны знать особенности восприятия текста, и эти особенности нужно постигать организованно и планомерно.

Объем восприятия речевого сообщения и качество этого восприятия зависят от многих факторов: словарного запаса слушателя (читателя), его первичных знаний, интереса к излагаемой теме, направленности восприятия, психического и физического состояния, возраста, жизненного опыта, а также от умений и навыков воспринимать текст.

Обучение речи берет свое начало в слушании, вот почему аналитическое, а не механическое, восприятие текста является первоосновой для овладения умением создавать свой текст, производства собственной речи. Увидеть процесс восприятия текста хорошо помогает анализ, проводимый курсантами.

Анализ текста как прием работы присутствует в системе практических занятий по русскому языку. Так, для анализа иностранным курсантам предлагаются различные тексты («У карты России», «Адмирал Нахимов», «Битва на Волге», «Непобедимая и легендарная», «М.А. Шолохов».) В процессе анализа снимаются лексические трудности, составляется план, озаглаивается текст, выявляется идейный смысл, проводится беседа. Курсанты отвечают на систему вопросов, поставленных преподавателем или данных после текста. Кроме того, предлагается самостоятельно сформулировать вопросы к анализируемому тексту и самостоятельно ответить на них. В конечном итоге анализ текста проводит не тот, кто только отвечает на поставленные вопросы, а тот, кто умеет сам сформулировать их, так как постановка вопросов возможна только на основе аналитического понимания текста.

Анализ текста, проводимый систематически, способствует:

- 1) более глубокому пониманию содержания, структуры, идеи текста и техники его создания;
- 2) воспитанию культуры слушания и чтения;
- 3) развитию логического мышления;
- 4) практическому освоению языка;
- 5) обогащению речи новыми языковыми единицами.

Если аналитическую работу проводить в системе, начиная с подготовительного факультета, мотивируя действия автора в отборе лексических средств и расположении материала, в выборе и использовании языковых средств и делая это доступно, умело, не субъективно, то уже к концу первого года обучения иностранные курсанты приобретают начальные навыки системного анализа текста и, следовательно, привычку видеть текст объемно, разнопланово.

Круг сообщаемых сведений очерчивается такими понятиями, как типы речи, текст, и его особенности, подчиненность всех его компонентов теме, идее, общей задаче высказывания.

Навыки аналитического рассмотрения текста, глубина его восприятия способствуют формированию умения аналитически подходить к собственному тексту и, следовательно, развитию умения создавать свое высказывание, свой текст.

## ЭМПИРИЧЕСКОЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВА ГРАФФИТИ

Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова

В течение трех лет темой данного исследования является изучение общественного мнения относительно современного художественного направления, популярного среди молодежи, – граффити.

Неслучайно граффити (одно из самых древних видов искусства) стало популярно последнее время. Появившись надписями на скалах и переродясь в порой высокохудожественные исполнения картин при помощи баллонов с краской граффити, как и в древние времена, является видом самоутверждения и самовыражения личности.

По итогам исследовательской работы и опроса молодежи можно сделать следующие выводы (рис. 1):

- отрицательного отношения к граффити среди студенческой молодежи не замечено;
- ни один из исследованных рисунков граффити не содержит негативной или оскорбляющей информации;
- большинство изображений граффити в г. Нижнем Новгороде выполнены на достаточно высоком художественном уровне;
- подобное самовыражение молодежи не приносит вреда населению города, даже иногда является украшением серых бетонных заборов.

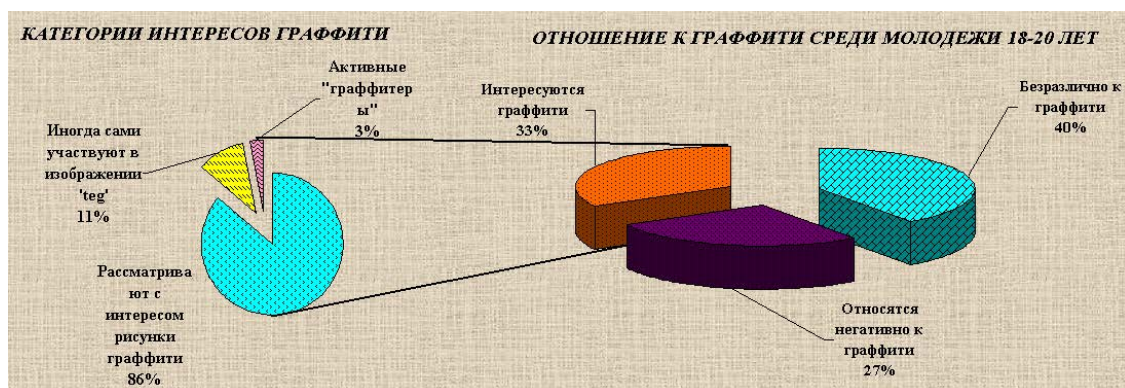


Рис. 1. Социограммы итогов проведенного опроса среди молодежи г. Нижнего Новгорода

По мнению автора, современное граффити схоже по своему внутреннему наполнению граффити эпохи неолита – желание молодых быть услышанными и привлечь внимание к своим психологическим проблемам.

## СОЦИАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И INTERNET- РЕАЛЬНОСТЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Социальная значимость интеллектуальных феноменов закономерно возрастает в атмосфере диссонанса, когда «несогласие в большей степени бросается в глаза, чем согласие, когда перед лицом множества противоположных определений исчезает возможность прямой и длительной разработки понятий о вещах и ситуациях». Необходимость формирования

системного знания о мыслительных процессах и структурах общества сочетается с вопросом о координации «универсума смыслов» и социальной жизни. Под социальным интеллектом понимается «способность общества в целом либо той или иной его подсистемы к усвоению и использованию знаний в целях развития». Данное определение будучи наиболее обобщённым представляется авторам наиболее приемлемым в ситуации, когда функциональный статус рассматриваемого явления не определён. Социальный интеллект не совпадает ни с одной структурой ментального опыта и ни с одной надличностной структурой знания, открыт вопрос о его носителе. Аналогичные проблемы вырисовываются и в отношении виртуальной сферы современной действительности, что приводит к выводу о возможности их совместно-продуктивного решения.

Сопоставление социального интеллекта и INTERNET-реальности представляется также актуальным с точки зрения исследования граней взаимоперехода естественного и искусственного в современном мире. Для нашей страны эта актуальность усиливается спецификой становления постиндустриального общества, не имеющей общемировых аналогов.

Принимая точку зрения М. Кастельса, объясняющего крушение советской системы структурной невозможностью перехода к информационным реалиям, можно сделать вывод, что в начале 90-х годов и социальное пространство, и пространство мысли открылось как заново освобождённое. Российское отношение к знанию вообще включает в себе мощные преграды на пути его рационального использования, и механизм этой деструкции носит, несомненно, социальный характер.

Когнитивные структуры общества в нашей стране всегда были сильно редуцированы, подавлены государственной идеологией, в то же время, как ни парадоксально, многие негативные аспекты информационного «футурошока» в нашей стране оказались нивелированными. Парадоксальным на первый взгляд представляется, что INTERNET-реальность, первоначально задуманная как инструмент противодействия советской системе, на российских просторах функционирует подчас более результативно, нежели за рубежом. Это наглядно видно, например, в пространстве экономического анализа: наша хозяйственная сфера, при всем её отставании, взаимодействует на информационно-технологическом уровне более эффективно. В известном смысле, можно сказать, что наше восприятие INTERNET-реальности более ориентировано на гармонию естественных взаимосвязей, выявляемых социально-когнитивными практиками.

УДК 300.001

В.И. КАЗАКОВА

#### **ЖИЗНЕТВОРЧЕСТВО: СОЦИАЛЬНЫЕ АКЦЕНТЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Упадок творческой стороны жизни повсеместно отмечается как одна из наиболее характерных черт современности. Природа этой утраты, очевидно, не связана со спецификой цивилизационного развития, поскольку она свойственна сейчас миру в целом. Развиваясь безотносительно к государственным, этническим, социокультурным барьерам, волна апатии и пессимизма ставит под сомнение возможность фихтеанского взаимоотношения «Я» и «не-Я». Граница между ними выступает как мимикрия – самый тягостный путь самоопределения в мире. Стремление к неразличимости противостоит творческому, действенному началу, благодаря которому осуществляется самореализация «Я». Наиболее остро стоящей проблемой здесь является утрата творческих импульсов в отношении жизни, к которой сводится в конечном итоге всё многообразие человеческого бытия-в-мире.

«Жизнетворчество» обозначается в современных дискурсах как понятие, обозначающее конструирование новых форм жизни, трансформирующих основания индивидуального бытия; оно включает в себя и попытку постижения предельных условий существования, и поиск новых способов репрезентации идентичности.

Конституирование границы жизненного пространства есть определение различия, связанного с непосредственно переживаемым опытом обособления. Именно через противодействие потустороннему активность «Я» становится ощутимой; это свойственно всем уровням человеческого существования: предметному, социальному, антропологическому. Обозначенные в такой последовательности эти сферы отражают различные уровни экзистенциального восприятия окружающего мира. Социальное измерение обретает сейчас, на взгляд автора, решающее значение: именно через него всё более склонно интерпретироваться жизненное пространство наших дней.

Смещение экзистенциальных акцентов с индивидуального уровня на коллективный не является приобретением наших дней, оно есть скорее неизжитое следствие промышленного переворота. Именно в рамках перехода от аграрного общества к индустриальному небывалое расширение человеческих возможностей на коллективном уровне сопряжено с их сужением в индивидуальном плане. Возрастающие сложность и динамика окружающего мира оказываются непреодолимым барьером для рефлексивной деятельности, через которую до сознания доводится реальность «Я» как иного по отношению к «не-Я». Сама по себе творческая деятельность не ограничена пределами, но пространство не бесконечно, как и цивилизация, как и человеческая жизнь. Мир становится сложен, когда мы переходим границу, не оглядываясь на горизонт. Живое – «странное пространство», обретающее своё бытие благодаря потустороннему; находясь в изначальной естественной среде, оно было наделено даром слияния с мировым целым, граница «Я» и «не-Я» выступала как органическая целостность, полагающая пределы своей внутренней определённости.

Утрата этой первоначальной гармонии – процесс неизбежный и предопределённый ходом развития человеческой истории, в ходе его переживание опыта обособления радикально трансформируется. Проходя через своё отрицание, оно приходит к современному со-

стоянию «обезличивания» через слияние с пространством – «ослабленности» своей личности и жизни. В современном обществе мы наблюдаем своего рода «бесклассовость» – в смысле сознательного отказа от конструирования идентичности. Единообразие социальной реальности проявляется, в частности, в ориентации на одни и те же жизненные модели, практически не зависящие от положения в социальной иерархии.

УДК 300.001

В.И. КАЗАКОВА

## ЭЛИТА КАК ИГРА СОЦИОЛОГИЧЕСКОГО ДИСКУРСА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Исследование элиты – это не прогулка по Невскому проспекту.  
М.Н. Афанасьев*

Дискурс элиты – один из самых несерьёзных и с социологической, и с философской точек зрения. Опираясь по большей части на весьма недостоверную эмпирическую базу, он менее всего предрасполагает к научному осмыслению. Элитология – как незадавшаяся отечественная версия «elite studies» – может быть с полным основанием отнесена к романтическому жанру; литературная терминология здесь более уместна, нежели строго научные понятийные рамки.

Как и большинство стратификационных образов, элиту можно считать порождением индустриальной цивилизации, когда общество, пережив радикальную трансформацию под влиянием технических преобразований, проблематизируется через осознание временных горизонтов коллективной и индивидуальной жизни. Сама стратификация как процесс обязана своим появлением смещением к горизонту будущего, при котором определённая социальная группа или прослойка детерминируется через ориентацию во времени и пространстве.

Основной её парадокс заключается в том, что качественная разнородность аграрного общества с традиционно трёхчленной структурой воспринималась всей общностью с единой точки зрения, как и циклический по характеру временной ход исторического развития. Унифицированное пространство индустриальной эпохи с его ориентацией на либерально-демократические идеалы, напротив, разводит социальные группы по разные стороны бытия, иерархия целостности сменяется искусственной дифференциацией, а единство истории размывается на множественность «коллективной памяти». Социальное бытие становится предметом рефлексии, различные образы мира, существовавшие и ранее, но не смешиваемые, в новых условиях принуждены к эклектичному взаимодействию.

«Элита» – первый опыт подобной рефлексии, где само понятие искусственно переносится в мир людей из мира вещей, в котором оно служило для обозначения товаров высшего качества. Вообще, уподобление человека вещи является, на взгляд автора, результатом сознательного выбора, а не тем подобием жертвенного алтаря, каким его часто пытаются представить. Рассматривать себя и других как средство, а не как цель, свойственно человеческой природе в переходный период, когда начинает преобладать функциональная точка зрения.

Первая функция, в которой начинает испытывать потребность унифицированное пространство индустриального общества, есть функция фиксации себя и других в пространстве социальных координат. Не находя более опоры в традиции, свойственной уходящей аристократии, стремление доминировать находит отражение во множестве форм некоего состязания. Игровой элемент присутствует в дискурсе элиты изначально – хотя бы в модели их циркуляции.

Образы львов и лис при всей обоснованности и глубине анализа Парето уподобляют высшую страту героям басни, мораль которой исполнена и грусти, и очарования. Басни рассказываются для детей, и социологический взгляд на элиту во многом есть взгляд ребёнка на

взрослый мир. Детскому взгляду присущ романтизм, усиливающийся элитарной тенденцией быть везде – и нигде.

В современном российском обществе, где ресурсом власти, как и во всём мире, постепенно становится знание, стремление элиты ускользнуть от эмпирической реальности доходит подчас до прямого запрета на ряд социологических исследований, тем не менее, элитология успешно развивается. Результатом данной рекурсивности мысли является «социологический портрет» – понятие, уже вполне прижившееся в лексиконе стратификационных исследований. Элита наделяется всевозможными атрибутами, перечень которых удивительно согласуется с метафизическим набором изначально не реализуемых требований и недостижимых идеалов. Будучи далёким от эмпирической реальности, он функционирует как миф – и в этом качестве оказывает обратное воздействие на социальную действительность.

УДК 300.001

В.И. КАЗАКОВА

## СОФИСТИКА И МАРГИНАЛЬНОСТЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Есть, кажется, некоторая логика  
в исключении исключających.  
М. Кастельс*

Интерес к самому себе, культивируемый и возводимый до уровня самосознания, есть первый шаг к маргинализации. Способность жить в атмосфере веры, не ощущая потребности присмотреться к самому себе, не испытывая желания узнать, каковы условия и цели его жизни, исключает самоё постановку вопроса об эксклюзии. Отречение от этой веры связано с обращением к разуму как её антиподу, что ведёт к многократной детерминации духовных горизонтов в социальном пространстве.

Античная софистика классического периода была, на взгляд автора, первым социальным опытом подобного рода, обозначившим различные пути позиционирования носителей интеллекта в рамках общества. Софисты первыми позволили себе «свободное парение» в социальном пространстве Афин – и первыми же пережили опыт социальной эксклюзии, проект которой, разработанный Аристотелем, может быть сочтён одним из наиболее удачных. Силой его авторитета само понятие «софистики» до сих пор ассоциируется с демагогией, прагматическим примитивизмом, неоправданным усложнением когнитивных практик. Любое исследование данного феномена имеет исходной точкой отсчёта оправдание, поскольку само явление изначально рассматривается как «иное», чуждое норме.

Маргинальное есть, по определению, находящееся по ту сторону границы, которая может задаваться в самых различных контекстах. Соответственно, наиболее адекватной методологической основой её рассмотрения может считаться системный подход, где в качестве исходного основания берётся различие и демаркация системы и окружающей среды. Со стороны самой этой системы маргинализация есть шаг, продиктованный необходимостью самосохранения. Маргинализируемое всегда есть то, что ставит под сомнение основания системы, её фундирующие принципы.

Рассматриваемое как «эффект структуры» оно сопряжено с обозначением иного, держащего на несерьёзность по отношению к «нормативному кодексу» системы, правилам её поведения. Понятия «соблазнение», «смущение» оказываются наиболее уместными для описания подобной ситуации, например, артефакт софистики в системе античного мышления ставил вопрос коренной переоценки представлений о социальной судьбе знания. Избрание «удела профессиональных воспитателей, странствующих чужаков, торгующих своей мудростью, культурой, умениями, как гетеры торгуют своими чарами» есть практика «инога», показывающего ограниченность возможностей системы и ставящего вопрос о реальности и фикации. Их антитеза в конечном счёте и определяет ход их дальнейшего взаимодействия. В

данных условиях возвыситься до самоиронии – путь, доступный немногим, именно он был избран Сократом, игравшим двусмысленностями и противоречиями, прежде чем прийти к окончательным решениям. Будучи изначально софистом, античный мудрец предпочёл исключение из сферы социального исключению из сферы мысли; таким образом, он оказался вне аристотелевской критики.

УДК 719

А.С. КУКЛИНА

## ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ ИСТОРИЧЕСКИХ МЕСТ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ

Нижегородский государственный лингвистический университет им. Н.А. Добролюбова

В бассейне Волги расположены старинные монастыри: Макарьевский монастырь, Дивеевский монастырь, Печерский монастырь, Высоковский Успенский мужской монастырь. Много заповедников: Волжско-Камский, Жигулевский, Керженский, Астраханский, природный национальный парк – Самарская Лука.

Село Фокино находится на высоком берегу великой русской реки Волги в зоне Среднего Поволжья. Два берега реки в данном месте представляют собой контрастную и, вместе с тем, прекрасную природную картину. Левый берег густо покрыт лесами и в периоды половодья в значительной степени подвержен затопляемости. Правый же берег высокой горой навис над рекой и по природной характеристике больше относится к зоне лесостепи. Уникальность высокого берега в данном месте привела к развитию садоводства среди местного населения. В Фокино выведен знаменитый сорт яблок «Волжский анис». Редкий вкус фокинских яблок сорта «Антоновка-каменичка» знаменит далеко за пределами Нижегородской области, а вишня и слива не уступает южным сортам.

Целью данной работы является желание привлечь внимание общественности к прекрасным картинам природы, которыми богато село Фокино, расположенное на высоком берегу Волги (рис. 1). Старинные традиции строительства домов в виде двухэтажных сооружений (кирпичный первый этаж и деревянный верхний) позволяют предложить строительство пансионатов в стили старинного деревенского дома (рис. 2).



**Рис. 1. Вид на Волжские просторы с высоты фокинской горы**



**Рис. 2. Предложенный проект дома для туристов**

Сторонники здорового образа жизни, различных видов творческих профессий, экологии всех направлений найдут такой дом лучшим для проживания.

Место идеально подходящее для любителей рыбной ловли (следует отметить, что во все времена рыболовство было и любимым занятием, и хобби для приезжих и местных жителей села Фокино).



**ЖЕНЩИНЫ, КОТОРЫЕ НАУЧИЛИ КОМПЬЮТЕР ПОНИМАТЬ ЛЮДЕЙ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Важный этап развития вычислительной техники приходится на XIX век – это был век выдающихся изобретений. 20-е годы XIX века – как раз тот период, когда Чарльз Бэббидж вел разработки Разностной машины, которая предназначалась главным образом для расчетов астронавигационных таблиц, а позднее – в 1833 году – и Аналитической машины, которая считается прообразом современного компьютера. Однако в те времена технология была развита значительно хуже, чем аналитические средства. Бэббидж не был в состоянии сделать и собрать многие высокоточные детали, которые требовались для его машины.

Среди ученых, которые в те времена понимали важность аналитических методов, была леди Ада Августа Лавлейс – ближайшая помощница и соратница Бэббиджа. Именно она убедила его в необходимости использования в его изобретении двоичной системы счисления вместо десятичной, выдвинула идею использования перфокарт для программирования вычислительных операций Аналитической машины. Также ей принадлежит изобретение циклов и подпрограмм: Ада сообразила, что при использовании условных переходов можно будет использовать одну и ту же подборку перфокарт для повторяющихся последовательностей команд. Однако Аналитическая машина была в XIX веке технологически не выполнима, и Ада Лавлейс умерла, так и не попробовав запустить свои программы.

Но на этом не закончилась история с Аналитическими машинами, и первым разработчиком такой машины посчастливилось стать тоже женщине – Грэйс Мюррей Хоппер, которая родилась в 1906 году – на 91 год позже Ады. Но если Аде Лавлейс принадлежит право интеллектуальной собственности на циклы, то Грэйс и ее коллеги в 1944 году использовали эти принципы на практике. Будучи упорной в своем стремлении избавить человечество от необходимости общаться с машиной исключительно на языке кодов, лейтенант Хоппер разработала первую транслирующую программу, которую она назвала «компилятором». Во многом благодаря находкам Грейс Хоппер, вскоре появился на свет и первый «дружелюбный» язык программирования – COBOL, до сих пор используемый во многих финансовых приложениях.

Екатерина Логвиновна Ющенко родилась 8 декабря 1919 года – через столетие после леди Лавлейс. В ее жизни есть моменты, напоминающие судьбу великой англичанки, но еще больше того, что присуще только советским людям. Как и леди Лавлейс, судьба подарила ей возможность написать первые программы для первой на континенте Европы ЭВМ, созданной в СССР под руководством Сергея Алексеевича Лебедева. Они очень похожи на те, что когда-то составила леди Лавлейс. Наконец, обе женщины замечательны тем, что одинаково посвятили жизнь одному любимому делу, – цифровым вычислительным машинам и их программному обеспечению.

Люди часто заблуждаются, когда считают, что женщины и техника – вещи несовместимые. Из всего изложенного мы видим, что роль женщин в развитии информатики огромна и имеет очень большое значение. Хотя Бэббидж писал более 70 книг и статей по различным вопросам, главного – анализа возможностей машины для решения различных задач он так и не сделал. Работа Лавлейс не только заполнила этот пробел, но и содержала глубокий анализ возможностей аналитической машины. Грэйс Хоппер принадлежат разработки программ, которыми мы пользуемся и по сей день. Екатерина Ющенко – основоположник теоретического программирования на Украине, работающая в тяжелое время гонений в СССР.

Все эти женщины навсегда останутся одними из самых ярких лиц в истории развития вычислительной техники и становлении информатики как науки.

А.П. ПАКШИНА

## **ЮБИЛЕЙНЫЙ ЗАЛ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ**

Арзамасский политехнический институт (филиал НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Виртуальные музеи начали появляться после 1991 года. В России получили распространение еще позже. Но сейчас они являются, наряду с сайтами обычных традиционных музеев, самыми распространенными источниками информации исторического характера.

Виртуальный музей «История науки в лицах» выложен на сайте Арзамасского политехнического института (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Задуман он был на кафедре прикладной математики как сайт об ученых, специализирующихся в области теории автоматического управления, информатики, математики и информационных технологий. К разработке сайта, кроме преподавателей, привлекаются и студенты, состав которых год от года обновляется. Особенно хотелось бы отметить бывших студенток Т.С. Ваганову и Е.В. Гостяеву. В настоящий момент в нашем музее представлены творческие биографии 65 учёных.

В докладе делается акцент на те разделы музея, разработкой которых занимался непосредственно автор (материалы об А.М. Ляпунове и об ученых, внесших значительный вклад в развитие информатики в молодом возрасте).

Если обратиться к деятельности музеев обычных, не виртуальных, то известно, что число экспонатов, находящихся в запасниках, обычно намного превышает число находящихся в постоянной экспозиции. Чтобы не пролежало это богатство «мёртвым грузом», организуются различные выставки: тематические, персональные, юбилейные. В нашем виртуальном музее также организован своеобразный «Юбилейный зал».

2007 год был ознаменован 150-летним юбилеем Александра Михайловича Ляпунова, великого русского математика и механика, основоположника современной теории устойчивости. В 2007 году в юбилейном зале был представлен творческий путь академика Ляпунова. Причем именно нижегородскому периоду его жизни нами было уделено особое внимание, поскольку на существующих сайтах и в доступной литературе об этом времени нет практически никакой информации. Мы представили копии редких документов из нижегородских архивов.

Кроме этого, освещена деятельность инициативной группы преподавателей и студентов нашего института по увековечиванию памяти великого ученого в Нижнем Новгороде, т.е. представлен материал об открытии мемориальной доски, которое состоялось 5 декабря 2007 года. В данном разделе музея представлены тексты статей организаторов музея по тематике, связанной с биографией А.М. Ляпунова, а также перечень активных ссылок на другие сайты.

В 2008 году исполнялось 90 лет со дня смерти А.М. Ляпунова. Членам инициативной группы удалось побывать в Одессе, где ученый провел последние дни жизни и где был похоронен. Материал о поездке также выложен в раздел «Юбилейный зал».

В докладе представлены многие новые материалы из запасников нашего музея: архивные находки, редкие фотографии и фрагменты фильмов, которых пока нет на сайте.

Наш виртуальный музей и юбилейный зал являются не только источником информации, но играют свою роль в воспитании и подготовке инженеров-математиков, ведь как писал Д.С. Лихачев: «Прошлое и будущее симметричны. Чем шире и "многовековее" мы охватываем прошлое, тем более дальнозорки мы в будущем, тем тверже и увереннее мы движемся в настоящем».

## ПРОБЛЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ ПРОЦЕССОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время – время всеобщей компьютеризации – для человека уже недостаточно того, чтобы ЭВМ быстро и точно решала самые сложные расчетные задачи, сегодня человеку становится необходима помощь ЭВМ для быстрой интерпретации, семантического анализа огромного объема информации. Эти задачи мог бы решить искусственный интеллект.

Основная трудность искусственного интеллекта заключается в том, что до сих пор не существует однозначного и общепринятого определения и понимания интеллекта естественного. На практике под искусственным интеллектом подразумевается набор программных и аппаратных средств, использование которых должно было бы приводить к тем же результатам, к которым при решении данного класса задач приходит интеллектуальная деятельность человека.

Также искусственный интеллект определяют как полную или приближенную имитацию интеллектуальной деятельности человека. Поскольку же человеческий интеллект до сих пор остается величайшей философской загадкой, то ни одно из определений искусственного интеллекта не может считаться окончательным.

Центральная проблема искусственного интеллекта заключается в следующем. Если мы обладаем четкими знаниями о решении определенного класса задач, то на основе регуляризации таких знаний могут быть получены четкие алгоритмы или эвристические правила. Используя их, можно сконструировать программы, реализация которых современными аппаратными средствами способна дать решение данных задач.

Однако человек довольно часто решает задачи, не зная того, как именно он сам это делает. Иными словами, люди фактически не обладают полным и исчерпывающим самопознанием. Это касается не только чисто интеллектуальной сферы абстрактного, логического мышления, но и сферы эмоциональной физиологической. Мы видим, пользуемся зрительными образами, слышим, оперируем звуковыми образами и т.д., не зная, как именно возникают образы и каковы в точности закономерности их функционирования в нашем сознании. Мы часто ставим задачи, высказываем догадки, принимаем неожиданные, в том числе принципиально новые, творческие, решения, не зная, как мы это делаем, не умея в точности представить алгоритм такой деятельности. Из этого следует, что мы не всегда можем регулятивизировать процессы, процедуры и операции, лежащие в ее основе, а следовательно, не можем поручить компьютеру выполнение соответствующих имитирующих или дублирующих действий. Согласно «тезису Лавлейс», машина никогда не сможет делать того, что ей не поручает человек, чего он сам не умеет делать. В действительности же сам человек умеет делать гораздо больше, чем знает, как делать. Эти рассуждения служат основанием для компьютерного агностицизма.

На пути создания искусственного интеллекта встает много вопросов: принципиальная возможность создания искусственного интеллекта на основе компьютерных систем; будет ли искусственный интеллект ЭВМ, если его удастся создать, подобен человеческому по форме восприятия и осмысления реального мира или это будет интеллект совершенно иного качества; возможность представления знаний в компьютерных системах и другие, – и люди будут пытаться решать проблемы искусственного интеллекта, постоянно сталкиваясь все с новыми вопросами.

УДК 621.85:629.113

Р.А. АЛЕКСЕЕВ, С.В. ЧУЛКОВ, М.Д. НОВИКОВА, Д.С. ИВАНЧЕНКО,  
Л.В. МАМЕДОВА, А.А. БЛИНОВА**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКАЯ  
ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА**

МОУ СОШ № 64, г. Н.Новгород

В настоящее время в российской автомобильной промышленности существует тенденция внедрения электроники на автотранспортные средства (АТС). Как и за рубежом, это чаще всего бортовые электронно-вычислительные машины (ЭВМ). Однако они не обладают таким же широким спектром функций, как бортовые компьютеры иностранных автомобилей. Для того, чтобы расширить круг возможностей бортовых ЭВМ отечественных АТС, необходимо обеспечить возможность самодиагностирования различных систем, агрегатов и механизмов автомобилей, например, двигатель, трансмиссия. Диагностирование вообще и самодиагностика в частности признается ныне наиболее прогрессивными при эксплуатации АТС, так как позволяют предвидеть и даже предупредить поломку того или иного механизма автомобиля, перейти от плановой системы обслуживания, системы ремонта «по факту», к предупредительной системе обслуживания.

Диагностика трансмиссии автомобилей основывается на виброакустическом спектральном анализе. Так как трансмиссия является важнейшим звеном в передаче и распределении крутящего момента от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) к колесам, то работоспособность её агрегатов приобретает большое значение, и необходимо непрерывное отслеживание состояния агрегатов трансмиссии. Разрабатываемая интеллектуальная система позволяет решить данную задачу.

Целью работы является разработка методов и средств определения технического состояния узлов и агрегатов трансмиссии АТС без разборки и получения заключения по обслуживанию или ремонту. Причем заключение выдается бортовым компьютером на основании показаний встроенных виброакустических датчиков, а также изучение форм проявления неисправностей, технических состояний узлов, прогнозирование ресурса агрегатов без разборки, надежности, безотказности этих агрегатов в пределах заданной наработки.

При работе каждый агрегат трансмиссии эмитирует во внешнюю среду характерный шум. Каждый узел отличается шумом своего спектрального состава. Более того, каждому техническому состоянию узла соответствует звук строго определенного спектра. Наша задача – установить, звук, какого спектра соответствует тому или иному техническому состоянию узла. Для этого агрегаты трансмиссии АТС оборудуются виброакустическими датчиками, улавливающими шум. Создается база акустических данных, чем она больше, тем точнее можно определить текущее техническое состояние того или иного агрегата. База данных находится в бортовом компьютере. ЭВМ также осуществляет сравнение спектрального состава поступающего шумового сигнала с эталонным, из базы данных. По пути от датчика, установленного на агрегате, до надписи на экране монитора бортовой ЭВМ звуковой сигнал проходит: блок калибровки, (где устраняются все помехи), блок модуляции, (где различные по частоте и амплитуде сигналы преобразуются в сигнал единой частоты и амплитуды), блок

канального разделения, (где модулированный сигнал подвергается спектральному разделению на несколько каналов), а также аналого-цифровой преобразователь, (где аналоговый сигнал преобразуется в цифровой), «опросчик», (через определенные промежутки времени «опрашивающий» датчики), «сумматор», производящий суммирование каналов цифрового сигнала. И, наконец, центральный процессор, производящий логико-аналитические операции. Принцип, на основании которого ЭВМ выносит решения о техническом состоянии агрегата трансмиссии, называется многокритериальной оптимизацией аддитивного критерия в условиях нечеткой информативности. Этот путь является концепцией акустической диагностики трансмиссии автомобилей.

На практике подобная система может эффективно функционировать при её реализации на основе нейронных систем. Исправному состоянию автомобиля соответствует некий критерий, обусловленный эксплуатационными, конструктивными и другими особенностями автомобиля. Непрерывно во времени моделируется текущий критерий и сравнивается с эталонным. В случае выхода хотя бы одного параметра за пределы допустимого бортовая ЭВМ сигнализирует о неисправном состоянии соответствующего агрегата трансмиссии, а также принимает решение о том, насколько серьёзна возникшая неисправность. Возможна ли дальнейшая эксплуатация АТС с такой неисправностью еще какое-то время или необходимо срочное техническое обслуживание (ТО), а быть может и ремонт (Р). Наряду с этим, появляется возможность прогнозирования технического состояния (ТС) того или иного агрегата, узла трансмиссии, при существующих условиях эксплуатации, используемых эксплуатационных материалах и прочих факторах.

УДК 629.114:691.926

Л.В. МАМЕДОВА, А.В. ГОНЧАРОВ, Т.А. КОРНИЛОВА, Р.М.О. ДАШТАМИРОВ,  
А.А. КУПЦОВ, А.В. КВИТКОВА, Е.Т. ПАРФЕНЦЕВА, Д.Е. ЖУРАВЛЁВ,  
А.И. САДОВСКИЙ, А.А. СИНИЧКИНА

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ДИСПЕТЧЕРСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА**

МОУ СОШ № 64, г. Н.Новгород

В последние десять лет почти каждый крупный город России столкнулся с проблемами организации дорожного движения. Транспортные заторы стали неотъемлемой его частью. Процесс перемещения по городу растянулся по времени до критических пределов. По данным современных исследований, если в ближайшее время не принять никаких мер, то большинство крупных российских городов ожидает «транспортный коллапс». Среди таких мер выделяют как административные, так и технические. К первым относятся: предлагаемые к введению нормы по разрешению выезда в чётные дни автомобилей с чётными госномерами, в нечётные – с нечётными, стимулирование сдачи старых автомобилей, более строгий приём гостехосмотра и т.д. Ко вторым: рациональная организация дорожного движения, строительство новых дорожных развязок и т.д.

В плане пассажирских городских перевозок наибольший эффект даёт диспетчеризация движения автобусов на основе современных средств передачи информации, которые позволяют оптимизировать его практически в режиме реального времени. Для реализации этого необходима соответствующая техническая поддержка, т.е. нужна аппаратура и программное обеспечение, которые обеспечивали бы работу системы. Часть данной аппаратуры устанавливается непосредственно на автобусы (модуляторы, блоки систем спутниковой навигации, мониторы), часть – стационарно на улицах (приемники и передатчики сигнала), часть – в отдельном сервисном центре (серверы, обрабатывающие поступающую с автобусов информацию).

В настоящее время на помощь транспортникам приходят системы спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS. С их помощью удаётся создать аппаратно-программные комплексы

автоматического определения и анализ местоположения городских автобусов. Внедрение такого комплекса позволит решать широкий круг задач: оперативный контроль объемов перевозки, выработка суточного плана-наряда по сбору выручки, оптимизация маршрутной сети, расчёт рентабельности маршрута с учётом зонности оплаты проезда и т.д.

Для выполнения данных операций необходим мощный расчётно-аналитический серверный центр, в который будет поступать информация в режиме реального времени. Предлагаемая в данном проекте диспетчерская транспортная система направлена на решение транспортных проблем г. Нижнего Новгорода. В частности, был произведен расчёт оптимальности интервалов движения маршрута №45 (решена транспортная задача, исходными данными для которой послужили параметры маршрута №45).

Аналогичные задачи должны будут решаться серверами подобных систем. Удалось оптимизировать интервалы движения. Также была вычислены экономические параметры с учётом внедрения данной системы и произведено сравнение с аналогичными параметрами без её внедрения. Расчёты подтвердили преимущества внедрения данной системы; были получены функциональные зависимости, позволяющие оценить их таким образом, внедрение диспетчерской транспортной системы, основанной на современных средствах географического позиционирования и передачи информации, позволит оптимизировать интервалы движения городских автобусов в режиме «реального времени», согласовывать их движение по маршрутам и даже определять оптимальное потребное число машин на линии с учётом времени суток пассажиропотока на маршруте.

УДК 65.40; 65.9(2)

А. О. СЕМИНА

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «ЗАПАД – ВОСТОК» НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Нижегородский технический лицей № 38

В современной мировой экономике направления основных грузопотоков определяются расположением центров экономического развития, важнейшие из которых располагаются в Европе и Восточной Азии. Связи между ними обеспечиваются системой международных транспортных коридоров (МТК). Геополитическое положение России между такими центрами обуславливает необходимость развития ее транзитной транспортной инфраструктуры.

Основным маршрутом, традиционно связывающим Запад и Восток, является морской путь через Индийский океан, главный недостаток которого – большое время нахождения грузов в пути, в связи с чем необходима организация альтернативных маршрутов.

Существует несколько вариантов организации перевозок на направлении «Запад – Восток». Первый из них представляет собой МТК №2 Берлин – Минск – Москва – Н.Новгород – Екатеринбург с выходом на Транссибирскую магистраль и перегрузкой в портах Дальнего Востока на морской транспорт. Возможности Транссибирской магистрали обеспечивают максимальный широтный транзит контейнерных грузов. Меньшая протяженность в сочетании с преимуществами контейнеризации позволяет в три раза сократить время доставки, по сравнению с традиционным морским маршрутом. Сокращение сроков транспортировки не только снизит стоимость, но и ускорит перевозку скоропортящихся грузов. Еще одним вариантом транзита грузов через территорию РФ является Северный морской путь. Этот маршрут можно использовать для морской перевозки нефти и газа из арктических районов, что гораздо дешевле строительства сети трубопроводов.

Однако существуют серьезные препятствия, сдерживающие развитие транспортного коридора «Запад – Восток» в России, прежде всего это различная ширина железнодорожной колеи, принятая в Европе и в России. Вторая причина связана с необходимостью перевалки транзитных грузов с железнодорожного на морской транспорт в портах Дальнего Востока.

По этой причине конкурентным считается проектируемый железнодорожный маршрут, проходящий через страны Среднего Востока и Китай. В случае организации такого маршрута значительная часть транзитного грузопотока будет для России утрачена. Третий вариант организации грузоперевозок – это действующий маршрут Россия – Казахстан – Китай.

В наибольшей степени экономические интересы России учитываются при организации перевозок по МТК № 2. Для его эффективного развития необходимо создание накопительных логистических центров в пунктах соединения железных дорог различной колеи, консолидирующих контейнерные грузопотоки. Доставка грузов из Западной Европы в эти центры может осуществляться не только по железной дороге, но и автомобильным транспортом. Вторым существенным обстоятельством является максимальная контейнеризация грузов, позволяющая эффективно осуществлять их перевалку как в накопительных логистических центрах, так и в морских портах Дальнего Востока.

Таким образом, организация транзитных контейнерных перевозок с применением автомобильного, железнодорожного видов транспорта и морского флота на территории Российской Федерации позволит значительно повысить эффективность грузовых перевозок «Запад – Восток».

УДК 621.3

Д.Ю. МИЛОСЛАВСКИЙ

### **ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. НЕТРАДИЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ»**

Нижегородский технический лицей № 38

Электроэнергия играет важнейшую роль в жизни человека. В работе рассмотрены традиционные и нетрадиционные способы получения электрической энергии.

К традиционным относятся способы получения электрической энергии:

- с помощью тепловых электрических станций;
- атомных электростанций;
- гидроэлектростанций.

С помощью этих видов станций вырабатывается около 89% всей электрической энергии на Земле.

Загрязнение окружающей среды продуктами сгорания ископаемых источников, в первую очередь угля и ядерного топлива, является причиной ухудшения экологической обстановки на Земле. Существенным является также и тепловое загрязнение планеты, происходящее при сжигании любого вида топлива. Большой рост электропотребления может привести к увеличению температуры на поверхности Земли. Даже при увеличении температуры на один градус миру грозит экологическая катастрофа. Нарушение энергобаланса планеты в таких масштабах может дать необратимые опасные изменения климата. Поэтому многие страны пытаются решить эту проблему различными методами, в том числе и с помощью альтернативных (нетрадиционных) источников энергии. К ним можно отнести энергию ветра, энергию солнца, геотермальную энергию. Особое внимание в работе уделено изучению солнечной энергии и ее применению в народном хозяйстве.

*Преимущества и недостатки солнечной энергии.* Недостатком солнечного излучения как источника энергии является неравномерность его поступления на земную поверхность, определяемая суточной и сезонной цикличностью, а также погодными условиями. Поэтому весьма важной проблемой является аккумулирование электроэнергии, вырабатываемой с помощью солнечных энергоустановок. В настоящее время эта проблема решается, в основном, путем использования обычных накопителей-аккумуляторов.

Основными достоинствами солнечной энергетики являются: экологичность и бесшумность в процессе производства электроэнергии; неисчерпаемость источника первичной энергии. Солнечные электростанции мощностью от 0,1 до 10 МВт были построены в странах с «хорошим» солнцем (США, Франция, Италия, Япония) и сейчас успешно работают. Главное препятствие их широкому распространению – высокая себестоимость электроэнергии, которая в шесть-восемь раз выше, чем на ТЭС.

УДК 621.43

Н.Е. МОЗОЛИН, С.Н. КИПЯТКОВА, Л.А. ЗАХАРОВ, И.Л. ЗАХАРОВ, А.В. СЕЗЕМИН

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

МОУ СОШ № 136, г. Н.Новгород

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

В первых тепловых двигателях сгорание паров топлива происходило при атмосферном давлении. Основными проблемами этих двигателей внутреннего сгорания являлись:

1. Сгорание паров топлива с малым начальным давлением, не превышающим 0,1 МПа, вследствие чего наибольшее давление было примерно равно 0,45 МПа и мощность двигателя была невелика.

2. Сгорание паров топлива в большом объеме, примерно равном 1/2 объема цилиндра, в результате чего тепловые потери в стенки и с выпускными газами были значительными. Это объяснялось малой степенью расширения продуктов сгорания и наличием больших поверхностей охлаждения.

Вследствие этого в полезную работу за цикл превращалось всего 4...5% теплоты паров топлива, т.е. в 8..10 раз меньше, чем в современных двигателях. Для повышения КПД термодинамического цикла было необходимо:

1. Сжигать пары топлива при возможно более высоком начальном давлении. Если бы его удалось довести до 0,2 МПа, то максимальное давление возросло бы до 0,8 МПа, а вместе с ним повысилась и мощность двигателя.

2. Сжигать пары топлива в минимальном объеме, что сразу сократило бы тепловые потери в стенки и с выпускными газами.

Таким образом, для улучшения основных термодинамических показателей ДВС горючую смесь перед сжиганием необходимо было предварительно сжать, т.е. заставить двигатель работать по наивыгоднейшему круговому циклу. Основными процессами нового цикла должны были быть: впуск, сжатие, рабочий ход (расширение) и выпуск, в совокупности образующие четырехтактный рабочий цикл, по которому в настоящее время работают подавляющее большинство двигателей.

Экономические и энергетические показатели двигателей определяются степенью совершенства протекания одинаковых последовательно повторяющихся термодинамических процессов (газо-, термодинамических, термохимических и механических), в результате которых внутренняя энергия рабочего тела превращается в механическую. Необходимость повышения этих показателей привела к развитию метода научных исследований процессов и явлений, происходящих в цилиндрах двигателя.

Такое ничтожно малое время и почти неизбежная инерционность механизмов измерительных приборов еще более затрудняют проведение исследований, а некоторые из них делают пока невозможными. Тем не менее, научные исследования, связанные с работой быстрых двигателей, ведутся очень интенсивно в России и за рубежом, и объем сведений в этой области с каждым годом увеличивается.



Несмотря на широкий фронт проводимых научных работ, все явления в двигателях, связанных с превращением внутренней энергии рабочего тела в механическую, еще не освещены во всех аспектах, а накопленные исследования по рабочим процессам различных циклов не могут дать исчерпывающих объяснений и математического анализа всех явлений, происходящих в цилиндрах быстроходных двигателей.

В докладе приведены материалы, полученные методом научного исследования, по оптимизации теоретического замкнутого рабочего цикла Отто и термодинамические показатели его оценки применительно к двигателю ОАО «РУМО» мод. 8ЧН 22/28.

УДК 622. 113. 004:037

А.А. ШЕСТАКОВА

## ПЛАВАЮЩИЕ МАШИНЫ

МОУ СОШ № 74, г. Н.Новгород

Плавающие машины - это сравнительно молодой вид транспортного и производственного оборудования, который стал использоваться в нашей стране несколько десятилетий тому назад. Сочетание высокой проходимости плавающих машин с возможностью длительной работы на воде выделяет их в особую группу, которая может эффективно использоваться и используется различными отраслями народного хозяйства. Число плавающих машин очень мало, по сравнению с автомобилями, но в некоторых видах транспортной и производственной деятельности машины этого типа не заменимы и приносят большой экономический эффект.

Плавающие машины могут перевозить грузы непосредственно от судов-снабженцев к складам, находящимся на суше вдали от береговой черты. Такая организация перевозок предполагает только два погрузочно-разгрузочных этапа: у судна и у склада. Это, во-первых, существенно сокращает время нахождения судов на рейде под разгрузкой, во-вторых, позволяет при правильной организации работ механизировать трудоемкие и тяжелые транспортные операции, в-третьих, дает возможность уменьшить число людей, занятых на погрузочно-разгрузочных операциях.

Применение плавающих машин эффективно в лесной промышленности: они позволяют механизировать тяжелые работы по первоначальному сплаву леса (проталкивание на тихоходных участках рек древесины, сборка на пойме разнесенного леса, предотвращение образования заторов леса и их разборки, сбор аварийной древесины и др.), сокращают сроки сплава, уменьшают стоимость заготовок леса.

Плавающие машины эффективно использовать при разведке, добыче и транспортировке полезных ископаемых на территориях Восточной и Западной Сибири, Заполярья и Дальнего Востока. Здесь плавающие машины используются как транспортные средства высокой проходимости, способные перемещаться по водным поверхностям, и как различные вспомогательные машины для установки на них технологического оборудования. Плавающие машины используются предприятиями нефтегазовой промышленности в качестве транспортных машин и плавающих тягачей-буксировщиков несамходных большегрузных платформ на воздушной подушке.

Важную и большую практическую помощь оказывают плавающие машины при спасательных работах в зонах наводнений. Работы, к которым в этих условиях привлекаются плавающие машины, многообразны, в первую очередь, это эвакуация из затопленных территорий людей, имущества, скота, а также доставка продовольствия и других необходимых предметов снабжения в изолированные наводнением зоны. Опыт эксплуатации плавающих машин в периоды наводнений в западной части страны и на Дальнем Востоке показал не

только целесообразность, но и эффективность их использования. Значимость спасательных работ особенно повышается в условиях нелетной погоды, когда плавающие машины являются, по существу, единственным эффективным средством спасения людей и имущества.

Плавающими машинами принято называть специальные машины высокой проходимости с колесными, гусеничными, роторно-винтовыми и другими типами сухопутных движителей, способные самостоятельно работать на водных участках местности и в прилегающих к ним районах. Плавающие машины имеют, как правило, водоизмещающий корпус, специальный водоходный движитель и другое дополнительное оборудование. Это обеспечивает надежную работу машины на водных участках местности в самых разнообразных условиях.

УДК 629. 113. 001

Н.С. БАРТАЛЬ

## **ДВИЖИТЕЛИ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ**

Нижегородский технический лицей № 38

Технологический процесс земляных работ состоит из нескольких основных и вспомогательных операций. К основным относят разработку грунта, его транспортирование, укладку в земляные сооружения или отвал, горизонтальную планировку участков под сооружения и уплотнение. Такие же операции, как подготовка грунта к разработке (рыхление, водопонижение), устройство стенок, ограждающих котлованы и т. п., считают вспомогательными.

Условия производства земляных работ в нашей стране чрезвычайно разнообразны. Они различаются состоянием грунта, климатическими и метеорологическими особенностями места выполнения, степенью сосредоточенности (количество разрабатываемого грунта на единицу длины или площади объекта работ) и интенсивности (количество грунта, разрабатываемого в единицу времени). Земляные сооружения (насыпи, котлованы и т. п.) имеют самые различные конструкции и размеры. Технология и организация производства работ, соответствующие их условиям, также весьма различны.

Все машины для земляных работ имеют ходовое оборудование (двигатель), которое может быть автомобильного типа, специальным пневмоколесным, гусеничным, плавучим, шагающим.

Двигатели должны обеспечивать землеройным машинам следующие качества:

- *маневренность машины* — это способность ее работать и передвигаться в стесненных условиях, а также разворачиваться на месте. Иногда маневренности придают более широкое значение, отвечающее, скорее, свойству, называемому подвижностью;
- *подвижность* — способность машины передвигаться как по строительному участку, так и вне его. Подвижность определяется скоростью движения (рабочей и транспортной), проходимостью, устойчивостью при движении и работе, габаритом машины и другими параметрами;
- *проходимость* — способность преодолевать различные неровности местности, соизмеримые с размерами ее ходовой части, проходить не увязая и не застревая по влажным и рыхлым грунтам, преодолевать неглубокие водные преграды.

Проходимость определяется силой тяги, удельным давлением на грунт, величиной дорожного просвета (клиренса), углами переднего и заднего свеса, а у машин с колесным ходом — числом ведущих осей, диаметром, числом и расположением колес, давлением и протектором шин, продольным и поперечным радиусами проходимости, минимальным радиусом поворота.

Гусеничные движители имеют большую поверхность опоры, что снижает удельное давление на грунт. Это повышает сцепление с грунтом и проходимость машин по бездорожью и слабым грунтам. Машин на гусеничном ходу имеют значительно большую силу тяги по сцеплению, чем колесные, поэтому тяговое усилие гусеничных машин обеспечивает преодоление подъемов до 50%. Величина угла преодолеваемого подъема зависит от мощности и массы машины и положения ее центра тяжести. Недостатками гусеничного хода являются его большая масса (до 40% общей массы машины), сложность конструкции, быстрый износ деталей (1500–2000 ч работы), а также малая скорость перемещения (примерно 6–8 км/ч для машин даже небольшой массы), необходимость перевозки тягачами на специальных трейлерах при транспортировании даже на сравнительно небольшие расстояния. Колесный движитель легче гусеничного, имеет больший ресурс работы (до 30–40 тыс. км вместо 1,5–2 тыс. км), позволяет машине перемещаться на больших скоростях (до 60 км/ч), имеет более высокий к.п.д.

# КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

---

УДК 543.05

П.В. МОСЯГИН, А.В. КРЫЛОВ, Ю.О. МАТКИВСКАЯ

### НОВЫЙ ПОДХОД В КОНЦЕНТРИРОВАНИИ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ВОЗДУХА ДЛЯ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА: КОНДЕНСАЦИОННО-ЭКСТРАКЦИОННЫЙ КРИОГЕННЫЙ МЕТОД

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского

Был разработан высокочувствительный метод анализа воздуха, включающий эффективное конденсационное концентрирование загрязнений, селективное определение ароматических соединений методом хромато-масс-спектрометрии.

Конденсационно-экстракционный метод для концентрирования примесей из воздуха заключается в использовании атмосферной влаги в качестве естественного сорбирующего материала. Для извлечения примесей из воды также использован новый подход – микроэкстракция с диспергированием экстрагента. Для анализа использован объем воздуха 0,1 м<sup>3</sup>. Пределы обнаружения толуола и бензола составили  $2 \cdot 10^{-5}$  и  $1 \cdot 10^{-4}$  мг/м<sup>3</sup>. Исследована эффективность двух разновидностей конденсационного концентрирования: проточного и статического. Установлен синергетический эффект концентрирования, заключающийся в том, что температура выделения примесей на поверхности проточного конденсатора на 20–30 К выше необходимой для равновесного перехода.

Наибольшая степень извлечения загрязнений характерна для статического варианта составляет 85–90%. Интегральный коэффициент концентрирования примесей составил  $(2-5) \cdot 10^3$ . Для дозирования микролитровой пробы экстрагента в хромато-масс-спектрометр разработан метод бинарной фазы переменной емкости. Проведены анализы атмосферного воздуха в городах Н.Новгороде, Кстове, Дзержинске, Балахне, Богородске. Также конденсационно-экстракционный метод опробован для концентрирования из воздуха полициклических ароматических углеводородов. Уровень концентраций составляет  $10^{-1} - 10^{-4}$  мг/м<sup>3</sup> для БТЕКс и  $10^{-6} - 10^{-7}$  мг/м<sup>3</sup> для ПАУ. Загрязненность зависит от времени суток. Наиболее высокая степень загрязненности характерна для Автозаводского района г. Н.Новгорода и автотранспортных магистралей.

Разработанный метод обладает высокой конкурентной способностью благодаря следующим преимуществам:

- полному решению проблемы фона сорбента;
- снижению на два порядка предела обнаружения;
- сокращению более, чем на два порядка затрат, связанных с концентрированием;
- уменьшению в несколько раз времени на пробоподготовку.

Данная методика предполагает аттестацию и получение патента на разработанную технологию. В дальнейшем планируется внедрение технологии в эколого-аналитический контроль.

**РАСЧЕТ ПОКОМПОНЕНТНОГО РАСХОДА НЕФТЕВОДОГАЗОВОГО ПОТОКА**

ООО «Сигнал»

Добываемая из скважины нефть представляет собой сложную многокомпонентную смесь, разделение которой на отдельные компоненты требует сложного и дорогостоящего оборудования, поэтому экономически выгоднее собирать к такой установке смесь от множества скважин, транспортируя ее на десятки и даже сотни километров от места добычи. При этом государство требует от нефтедобывающих компаний строгого учета добываемой нефти и газа из каждой отдельной скважины. Возникает необходимость точного подсчета в реальном времени количества отдельных компонентов внутри добываемой смеси – это сложная задача как в техническом, так и в научном плане. Актуальность данной проблемы подчеркивает ее включение в перечень приоритетных направлений науки Российской академии наук.

Данный проект предлагает решение в виде программного обеспечения, осуществляющего расчет покомпонентного расхода нефтеводогазового потока и предназначенного для калибровки измерительных систем.

Разработка такого программного обеспечения ведется в ООО «Сигнал». В настоящее время уже создана программа, позволяющая получать модели для расчета покомпонентного расхода нефтеводогазового потока с точностью, соответствующей государственным стандартам, выделять и отсеивать исходные данные, замеренные с высокой погрешностью.

Для дальнейшего развития проекта требуется проведение научных исследований, которые позволят решить следующие задачи:

1. Расчет покомпонентного расхода при повышенном и пониженном содержании воды в нефтеводогазовом потоке.
2. Распознавание эксплуатационного режима скважины на основании исходных данных для выбора оптимального алгоритма расчета.

Результаты данных исследований будут положены в основу компонентов программы, которые позволят использовать ее при калибровке измерительных систем, а также внедрять программный код непосредственно в измерительные системы для обеспечения точности расчета показаний системы.

**БЕЗЛАМЕЛЬНЫЙ ЖЕЛЕЗНЫЙ ЭЛЕКТРОД С ПОВЫШЕННЫМИ ЁМКОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Широкое распространение в качестве источников тока получили никель-железные аккумуляторы. Основными областями их применения является железнодорожный транспорт и средства электрифицированной тяги.

Основным типом железных электродов, применяемых в тяговых никель-железных аккумуляторах, являются электроды ламельной конструкции. Такие электроды имеют ряд недостатков: низкий коэффициент использования железа, высокий саморазряд, плохую работоспособность на отрицательных температурах и больших разрядных токах, низкие удельные электрические характеристики. Создание железного электрода с более высокими удельными характеристиками за счёт изменения его конструкции и увеличения коэффициента использования активного вещества приведёт к расширению областей применения никель-

железного аккумулятора. Наиболее перспективным направлением является создание железных электродов безламельного типа.

Причины невысокого значения коэффициента использования активного вещества обусловлены образованием на частицах активного вещества пассивирующих плёнок, снижающих проводимость активной массы, и затрудненностью доставки щелочи в глубинные зоны электрода. Повышение коэффициента использования активного вещества может быть достигнуто применением высокоэффективных активирующих присадок, а также введением в состав активной массы структурообразующих добавок.

В результате проведенных исследований было установлено, что введение сульфата меди в активную массу отрицательного электрода повышает его электрохимические характеристики вследствие увеличения проводимости барьерного слоя на железе, а также за счёт создания разветвлённого электропроводящего каркаса и оптимальной структуры пор. Сохранение высокой электропроводности активной массы в процессе разряда может быть достигнуто также за счёт введения небольших количеств сажи. Для уменьшения саморазряда и увеличения глубины заряда авторами рекомендуется введение в активную массу железного электрода соединений свинца.

В качестве полимерного связующего при создании безламельного железного электрода в состав его активной массы вводился фторопласт или раствор поливинилового спирта.

Реализация предложенной технологии изготовления безламельного железного электрода и изменение состава его активной массы позволили получить электрод с удельной ёмкостью  $0,40\text{--}0,45 \text{ \AA} \cdot \text{÷}/\text{ñ}^3$  и коэффициентом использования железа 29–30%. Ламельные железные электроды, применяемые в тяговых никель-железных аккумуляторах в настоящее время, имеют удельную ёмкость не более  $0,22\text{--}0,24 \text{ \AA} \cdot \text{÷}/\text{ñ}^3$ , а коэффициент использования железа составляет всего 18–20%.

Предварительные расчеты показывают, что в результате повышения коэффициента использования активного вещества, уменьшения энергоёмкости и металлоёмкости производства, значительного снижения трудозатрат себестоимость изготовления разработанных железных электродов безламельной конструкции может быть снижена на 32%.

УДК 621.3

А.О. КАШКАНОВ

### **КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

На примере технологии энергосбережения при эксплуатации мощных электроприводов и электротехнологических установок в жилищно-коммунальном хозяйстве рассмотрены теоретические предпосылки экономного электропотребления, благодаря компенсации реактивной мощности. Использование установок компенсации реактивной мощности позволяет разгрузить питающие линии электропередач, силовые трансформаторы и распределительные устройства, что позволит потреблять дополнительную мощность, а также снизить расходы на оплату электроэнергии и общие затраты на энергопотребление.

Все электротехнологические установки, такие как гальванические, озонаторы, установки подготовки воды, регулируемые электроприводы на переменном и постоянном токе, получающие питание от управляемых выпрямителей, выполненных на базе полностью управляемых вентилях, могут работать в режиме компенсации реактивной мощности, одновременно обеспечивая питание основного оборудования, выполняющего заданные технологические функции.

Обсуждаются реализованные технические решения как силовой схемы преобразователя, так и системы управления.

Испытания лабораторного макета компенсационного выпрямителя подтвердили теоретические оценки энергетических характеристик.

Разработано и представлено техническое задание на проектирование опытно-промышленного образца разработанного компенсационного преобразователя.

Представлены перспективы развития этих решений в целях совершенствования энергетических и динамических показателей управления технологическими переменными и уровнем реактивной мощности, генерируемой в питающую сеть.

Предлагаются подходы к внедрению технических новшеств, которые окупаются в срок, не превышающий одного года. К последним относится обсуждаемый объект исследования. Финансирование предполагается на основе использования банковских кредитов и совместной деятельности предприятия и разработчика по внедрению энергосберегающих мероприятий.

Разработана и представлена форма хозяйственного договора, обеспечивающего интересы как предприятия-заказчика, так и разработчика-подрядчика.

УДК 661.91-403.3

А. Е. АНИКИН, И.В. ВОРОТЫНЦЕВ

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО СПОСОБА ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ $\text{CF}_4$ МЕТОДОМ МЕМБРАННОГО ГАЗОРАЗДЕЛЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им Р. Е. Алексеева

Интерес к тетрафториду углерода обусловлен его высоким коммерческим спросом на рынке материалов, используемых в технологиях микро- и нанoeлектроники. Этот реактив является перспективным веществом для сухого (плазменного) травления в технологии сверхбольших интегральных схем, а также находит применение в производстве монокристаллов из особо чистых фторидов металлов. Такое применение тетрафторида углерода требует высокой чистоты этого вещества, так как качество получаемых структур зависит от содержания примесей в  $\text{CF}_4$ .

Температура кипения  $\text{CF}_4$  составляет минус  $128^\circ\text{C}$ , поэтому существующие дистилляционные методы характеризуются высокими энергетическими и материальными затратами. В связи с этим, разработка менее энергоемких мембранных способов глубокой очистки тетрафторида углерода является перспективной задачей, которую можно решить путем использования мембранных методов разделения и глубокой очистки. К достоинствам мембранных методов относится непрерывность процесса, его низкая энерго- и материалоемкость, относительная простота применяемых массообменных аппаратов.

Для разработки энергосберегающего способа глубокой очистки тетрафторида углерода были определены проницаемости индивидуальных газов, которые являются лимитирующими примесями в тетрафториде углерода. Для определения этих величин была спроектирована экспериментальная установка, состоящая из непроточного мембранного элемента, разделяющего установку на полости высокого и низкого давления, а также системы подачи и отвода газа, которые обеспечивают контроль необходимых параметров и точность их регулирования. Величины проницаемости были определены для мембраны на основе полидиметилсилоксана типа «Лестосил» и полимерной пленки из наиболее высокопроницаемого полимера поли-1-триметилсиллил-1-пропина.

В результате серий экспериментов были получены экспериментальные значения проницаемости  $\text{CF}_4$ , а также ряда других газов, являющихся примесями для тетрафторида углерода (фреоны, постоянные газы). Максимальная относительная ошибка при определении

проницаемости газов в параллельных (5–7) экспериментах не превышала 5%. Рассчитаны величины идеальной селективности и фактора разделения в радиальном мембранном модели. Показана реальная возможность проведения глубокой очистки тетрафторида углерода методом мембранного газоразделения.

*Работа проводилась в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, государственный контракт № П 2265 от 13 ноября 2009 г.*

УДК 66.071.6+54.058

Е.С. БЕЛЯЕВ, А.С. ТАЛИСОВ, П. Н. ДРОЗДОВ

## **ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ОТ ЛЕГКОПРОНИКАЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время мембранный метод газоразделения начинает все шире применяться для разделения и глубокой очистки газов. Имеется возможность изменения эффективности разделительного процесса путем изменения свойств полимерного материала мембраны, а также за счет оптимизации конструкции аппарата и организации процесса разделения газовой смеси. С его помощью можно эффективно очищать газы от легкопроникающих примесей, которые будут постоянно удаляться через мембрану из очищаемого газа в полости высокого давления мембранного модуля. Газовая смесь, отобранная через мембрану, обогащена легкопроникающим компонентом и может отводиться в окружающую среду (например, при очистке азота воздуха от кислорода) или направляться в производство на различные цели (например, концентрат диоксида углерода для закачивания в нефтяные пласты). При высокой стоимости очищаемого продукта необходимо проведение его более полного извлечения. Для этого необходимо использовать как очистку, так и концентрирование примеси.

В некоторых работах предлагается применение мембранного модуля с питающим резервуаром для глубокой очистки газов от труднопроникающих примесей.

Целью настоящей работы является изучение глубокой очистки и концентрирования легкопроникающих примесей с помощью мембранного модуля с питающим резервуаром.

Процесс разделения в аппарате может проводиться в двух режимах, аналогично периодической ректификации (так называемый квазистационарный режим):

- 1) с постоянным значением степени разделения (фактора разделения) мембранного модуля;
- 2) с постоянной концентрацией примеси в потоке отбора в приемный резервуар.

Рассмотрены оба этих случая и проведено их сравнение.

В первом случае можно получить достаточно высокие значения степени очистки. Степень очистки сравнима с величиной фактора разделения, который при очистке от легкопроникающих примесей может быть достаточно большим.

Проведено сравнение времени работы установки с одинаковыми характеристиками очистки для случаев 1 и 2.

Показано, что проведение процесса глубокой очистки в режиме с постоянной концентрацией примеси в потоке отбора в приемный резервуар (случай 2) несколько выгоднее, чем с постоянным значением фактора разделения мембранного модуля (случай 1). Это может быть связано с тем, что в случае 1 в приемном резервуаре происходит смешивание потоков с



различной концентрацией, что приводит к потере работы разделения. Аналогичное поведение ректификационных колонн с постоянным значением фактора разделения и постоянной концентрацией примеси в потоке отбора наблюдается и при периодической ректификации.

Описан импульсный режим отбора очищенного вещества в мембранном модуле. Показано, что он может быть более эффективен, чем непрерывный режим очистки.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант 09-08-00823-а.*

УДК 661.5+546.05

А.Н. ПЕТУХОВ, И.В. ВОРОТЫНЦЕВ

### **КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРИРАТОВ АММИАКА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ОТ ПРИМЕСИ ВОДЫ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

В настоящее время в России реализуются проекты ГК «Роснано» по созданию производств энергосберегающих источников света на базе высокоэффективных светоизлучающих диодов, поэтому ожидается повышение потребления высокочистого аммиака, который используется для их производства. Использование высокочистого аммиака особенно важно для получения удовлетворяющим всем технологическим требованиям гетероструктур на базе соединений  $A^3B^5$  (Al/GaN). В России существуют небольшие производства высокочистого аммиака чистотой 5N, однако уровень чистоты выпускаемого аммиака следует увеличивать.

Решать задачу увеличения кратности очистки аммиака можно несколькими путями. Во-первых, необходимо создавать новые физико-химические гибридные методы очистки аммиака, одним из которых является метод абсорбционной первапорации. Во-вторых, интенсифицировать процесс очистки аммиака можно за счет увеличения теоретических знаний о механизме разделения и глубокой очистки.

Одним из методов, используемых для получения высокочистого аммиака является метод низкотемпературной фильтрации при пониженном давлении, обеспечивающий получение аммиака с содержанием в нем масла 0,1 мг/л, механических примесей 0,5 мг/л, углерода до  $3,5 \cdot 10^{-5}$  % мол., содержание примесей металлов не превышает  $1 \cdot 10^{-6}$  % мол. Содержание лимитирующей примеси аммиака – воды составляет величину не более 0,0001 %. Образование кристаллогидратов аммиака при криофильтрации влияет на процесс очистки, однако каким образом – в настоящее время неизвестно.

В настоящей работе при помощи квантово-химических расчетов проведена оптимизация структуры и рассчитаны термодинамические параметры кристаллогидратов аммиака. Это позволило построить теоретические зависимости термодинамических параметров и провести их сравнение с имеющимися экспериментальными данными. Была определена структура и образующего кристаллогидрата  $n_1 \cdot NH_3 \cdot n_2 \cdot H_2O$  в процессе глубокой очистки аммиака и предложен механизм его образования. По итогам работы были разработаны рекомендации по интенсификации процесса криофильтрации аммиака для снижения в нем концентрации примеси воды.

*Работа проводилась в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы, государственный контракт № П 2537 от 20 ноября 2009 г.*

# КРУГЛЫЙ СТОЛ «Вклад молодых ученых и специалистов в развитие научно-технического потенциала организации»

УДК 330.322 (57)

Н.А. АГЕЕВА, Д.А. АНТИПИН

### ПРОБЛЕМЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Иркутский государственный технический университет

Инвестиционная привлекательность Иркутской области определяется целым комплексом составляющих, которые формируются на основе природно-ресурсного потенциала, мощной производственной базы, достаточно развитой финансовой инфраструктуры, высокого трудового и научного потенциалов. Подтверждением данного обстоятельства является рейтинговая оценка области ведущими международными и российскими агентствами (табл. 1).

*Таблица 1*

**Инвестиции по видам экономической деятельности в Иркутской области в 2007-2009 гг.  
(социальная сфера)**

Вид экономической деятельности	2006 год (млн руб./ в % от общего объёма инвестиций в основ- ной капитал)	2007 год (млн руб./ в % от общего объё- ма инвестиций в ос- новной капитал)	2008 год (млн руб./ в % от общего объёма инвестиций в основ- ной капитал)
Государственное управление и обеспечение военной безопасности. Обязательное социальное обеспечение	209,1/0,3	390,0/0,4	659,0 /0,6
Образование	586,3/0,9	952,2/0,9	1158,0/1,0
Здравоохранение и предоставление социальных услуг	709,4/1,2	1672,5/1,5	1370,0/1,2
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	588,2/1,0	1110,0/1,0	1158,0/1,0

Анализируя данные таблицы, получается, что на протяжении 2006–2008 гг. доля инвестиций в социальную сферу не превышала 4% от общего объёма инвестиций в основной капитал. Настораживает и тот факт, что такая статья областного бюджета, как бюджетные инвестиции в объекты капитального строительства социальной инфраструктуры в области за

последние три года подверглись серьёзному сокращению с 64399 в 2008 году до отметки в 9468,0 тыс. руб. в 2010 году.

Основные проблемы области сегодня заключаются в оттоке капитала, выводе результатов труда, использовании ресурсов и производственной базы за пределами региона, отсутствии адекватных механизмов перераспределения добавочного продукта. Уровень экономического и социального развития региона серьёзно отличается. Производимый в области продукт из-за сырьевой направленности экономики в большей части отправляется на экспорт и не способствует росту показателей уровня жизни населения области (уровень ниже среднего) при среднем уровне занятости.

УДК 378.1

Е.Е. ЩЕРБАКОВА, Е.Н. СТУКАЛЕНКО

### **КРЕАТИВНЫЙ ПОДХОД В ПОДГОТОВКЕ АРХИТЕКТОРОВ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Вхождение России в единое Европейское образовательное пространство задает ориентиры к модернизации системы отечественного образования и требует подготовки творчески мыслящих профессионально развитых субъектов образовательного процесса.

Задачи совершенствования профессиональной подготовки педагогических кадров в системе образования сопряжены со сменой методологических приоритетов в образовании, которые обращены к личности, ее творческому потенциалу, ценностным ориентациям, раскрытию внутренних механизмов профессионального становления.

Признание человека субъектом общественной жизни, исторического процесса, собственного развития и жизни вообще, выдвигание в качестве целевого приоритета в образовании категории «развитие» требуют обеспечить педагогические условия для реализации в системе подготовки педагогов механизмов становления профессионального сознания специалиста, центром которого выступает ценностное основание его личности, которое актуализируется в процессе поисковой практики и коммуникативной рефлексии в сотворческой креативной деятельности.

Креативный образовательный процесс предоставляет возможность каждому участнику образовательного процесса на каждом образовательном уровне не только развить исходный творческий потенциал, но и сформировать потребность в дальнейшем самопознании, творческом саморазвитии, объективной самооценке. С точки зрения гуманистических позиций развития системы высшего образования как части социальной системы главным является ориентация студентов вуза на творческое развитие личности в условиях профессиональной подготовки. Этот подход является приоритетным в нашем исследовании.

Современное архитектурное образование опирается на интеграцию двух начал — практическую направленность обучения и подготовку специалиста, способного предвдвять ход развития и преобразования материально-пространственной среды в будущем.

Высшая архитектурная школа призвана сформировать архитектора как творческую личность, органически сочетающую в себе черты художника, ученого, инженера, организатора процессов труда — специалиста, понимающего перспективы развития общества, задачи оздоровления окружающей среды и способного решать проблемы, стоящие перед архитектурой и градостроительством.

В связи с расширением сферы проектирования, переходом от проектирования отдельного объекта к проектированию среды жизнедеятельности в основу архитектурного образования положена модель архитектора широкого профиля. Высшая школа должна подготовить специалистов с широким кругозором, ясно представляющих задачи и перспективы своей будущей деятельности обладающих высоким уровнем знаний и творческих умений, способных

специализироваться в любой области архитектуры. Формируя молодого архитектора, высшая архитектурная школа призвана создавать благоприятную обстановку для проектной и исследовательской деятельности, стимулировать успешное протекание творческого процесса, рационально использовать в архитектурном проектировании новые методы обучения и творчества.

УДК 659.441.3

Е. А. СМЕРНОВА, О. В. ХРАМЦОВА

## **ПРОДВИЖЕНИЕ ОБЛАСТНОГО ОБЩЕШКОЛЬНОГО ИЗДАНИЯ – НЕОБХОДИМАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Прогресс области включает в себя развитие социальной, экономической и культурной сфер. В основе крепкого региона – всегда человек, высоконравственный патриот, создающий благополучие своей страны. Именно благодаря усилиям таких людей повышается качество жизни, рождаются инновационные проекты, появляются привлекательные перспективы.

Таким образом, говоря о развитии региона, необходимо уделить внимание воспитанию личности, способной и желающей внести свой вклад в становление сильной России.

Под этим вкладом мы понимаем не только принятие комплексных отраслевых решений, стимулирующих прогресс области, разработку социально значимых проектов и т.д., но и не столь масштабные, однако не менее значимые, поступки, совершаемые каждым воспитанным человеком изо дня в день, например, уступить пожилому человеку место в транспорте, не курить в неположенных местах, поскольку всё начинается с малого и такие действия способствуют повышению культурного уровня населения. А чем выше этот уровень, тем меньше люди озабочены потреблением, тем больше они всерьез задумываются о значимости развития страны, своей роли в этом процессе.

С каждым годом в России отмечается ускорение падения нравственности. Красочной иллюстрацией этому служит молодежь, не уважающая старших, не знающая свою историю, ищущая сомнительных развлечений в Интернете, на теле- и радиоканалах и поэтому не чувствующая ответственности за свои поступки и гордость за свою страну.

Молодежь – основа будущего нашей страны. Чтобы еще многие поколения соотечественников не стыдились своей страны, необходимо разрабатывать систему воспитания сильной личности, интеллектуальной, вежливой, патриотичной.

В эру информационного общества обязательным элементом этой системы являются СМИ. Следовательно, мы считаем необходимым выпуск общешкольного областного издания, которое привьет читателям мысль о необходимости осмысленности жизни, снизит уровень враждебности подростков по отношению к новому и неизвестному, сплотив их, покажет, что вокруг интересный и многогранный мир, достойный увлеченного участия, создаст моду в подростковой среде на самообразование и самопознание, раскроет идею уважительного отношения к Родине.

Однако само по себе это издание не сможет сформировать достойного человека и гражданина из-за высокой конкуренции на рынке молодежной прессы и изначальной незаинтересованности подростков в направленности общешкольной газеты. Необходимо сформировать веское (для целевой аудитории) конкурентное преимущество и на его основе при помощи инструментов продвижения привлечь потенциальных читателей.

Поэтому только благодаря грамотной компании по продвижению это издание сможет приобрести известность и прочную репутацию, стать популярным и выполнить свои воспитательные функции.

Таким образом, коммуникативные технологии являются необходимой составляющей развития региона.

**ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРНОГО БРЕНДА РЕГИОНА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Бренд как любое коммуникативное единство может быть ориентирован на внутреннюю и внешнюю общественность, при этом мы часто забываем, что границы между внутренним и внешним не всегда четкие.

К примеру, к какой общественности отнести иностранцев, живущих в России долгое время? Возможно, такой промежуточный статус позволяет им достаточно правильно оценить успешность и сформированность культурного бренда как России в целом, так и того региона России, в котором они проживают.

Так, был проведен специальный опрос<sup>1</sup> студентов-иностранцев. В нем приняли участие 247 студентов из разных вузов Нижнего Новгорода: Нижегородского государственного технического университета имени Р.Е. Алексеева (58 чел.), Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (98 чел.), Нижегородской государственной медицинской академии (47 чел.), Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (44 чел.).

Опрашивались африканцы (43%), индусы (16%) и китайцы (41%). Возраст респондентов – 21-25 лет, в официальном браке никто из них не состоит. Среднее время пребывания в России у африканцев и индусов – три года, у китайцев – пять лет. Большинство (91%) проживает в общежитии.

Отвечая на вопрос «В России вам хорошо или плохо?» африканцы (89%) указывают «плохо», китайцы (91%) и индусы (85%) – «хорошо». При этом африканцы (85%) и индусы (89%) испытывают тоску по родине, а китайцы не испытывают (82%), при чем большинство (около 79% во всех группах) утверждает, что, приехав в Россию, стали чувствовать себя свободными.

При этом Нижний Новгород и Нижегородская область нравятся практически всем опрошенным (табл. 1). В среднем для трех категорий студентов-иностранцев (67%) он представляется «комфортным местом», для 22% – безопасным, 3% – не более, чем место учебы, и лишь для 3% – земля, где «они никому не нужны».

*Таблица 1***Российский регион (Нижегородская область) в восприятии иностранных студентов**

№ п/п	Что для вас наш регион (Нижегородская область)?	Кол-во респондентов, выбравших данный вариант, (%)		
		африканцы	китайцы	индусы
1	Земля, где я никому не нужен	4	2	3
2	Место, где мне комфортно	65	67	67
3	Место, где мне некомфортно	3	1	2
4	Место, где я чувствую себя в безопасности	20	25	22
5	Место, где я не чувствую себя в безопасности	3	2	4
6	Место учебы	3	3	2

Можно заключить, что бренд региона, в данном случае Нижегородского, у иностранцев более точен, нежели бренд всей России. Для иностранного студента понятие «России» является на данный момент слишком широким, малопостижимым и малопонятным. Слабая интегрированность в российскую реальность является существенным препятствием для

<sup>1</sup> Исследование проводилось проектной группой. Руководитель: И.А. Савченко. Члены рабочей группы: О. Морозова, Н. Борисова, М. Свирина.

формирования позитивного бренда российской территории. Однако это препятствие вполне преодолимо, на что указывает ряд позитивных показателей. Иностранцы не указывают на крайние формы ущемления их прав и достоинства в чужой стране: принуждений к выезду, телесных повреждений. Очень многие, хотя далеко не все, иностранцы связывают с Россией не только собственное будущее, но и будущее своих детей. Неслучайно достаточно популярно мнение о необходимости обучения детей русскому. Важнее, что регион (Нижегородская область) у большинства иностранцев ассоциируется с чувством комфорта.

Последнее наблюдение особенно обнадеживает. По-видимому, взаимные усилия по организации коммуникативных связей регионального сообщества и иностранных студентов, приезжающих учиться в регион, должны стать основой успешного формирования культурного бренда российских регионов.

УДК 659.441.3

В.А. РОМАНОВА

### **РОЛЬ PR В РАЗВИТИИ РЕГИОНА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Каждый город и регион претендует на индивидуальность, а некоторые города – даже на некоторую столичность. Одни из них называют себя северными столицами, другие – южными, кто-то претендует на статус промышленной, банковской столицы, кто-то считает себя столицей отечественного машиностроения и т. д. Нижний Новгород гордится своим почетным званием столицы Приволжского федерального округа.

Но ни один город не хочет назвать себя «криминальной столицей», администрации стараются откреститься от этого звания и делают все, чтобы избавиться от него. Чаще всего в таком случае они говорят, что это искаженное представление о городе и оно сформировалось в результате происков недоброжелателей.

В таких случаях действия органов внутренних дел часто оказываются недостаточными и даже неэффективными. Поэтому приходится использовать коммуникативные методы (PR-методы) для воздействия на общественное сознание. Таким образом, в данной ситуации городу или даже целому региону необходима мощная информационная кампания.

Чаще всего анализ публикаций в СМИ показывает, что никакой нацеленной работы по очернению города нет. В данной ситуации сложившийся негативный стереотип работает как фильтр всей поступающей в СМИ информации. А для формирования подобного стереотипа часто нужно совсем немного: несколько «громких» сюжетов или впечатляющих кадров на телеэкране. Повторение этих сюжетов способствует закреплению в обществе и среди основных СМИ негативного мнения. Тогда это мнение начинает самостоятельно селективировать информационный поток. То, что повторяется и становится привычным для общества, всегда делается достоянием СМИ. В такой ситуации это вся негативная информация о городе, пусть даже и совсем неправдоподобная.

Задача пиарщика в этой ситуации заставить СМИ поверить в то, что в городе на самом деле больше положительной информации и деятельности. Необходима критическая масса отклонений, чтобы поставить стереотип под сомнение. Простой метод убеждения, что все совсем не так, а даже наоборот, не сработает. Необходим интенсивный поток альтернативной положительной информации о городе и регионе, поступающий в СМИ, при помощи распространения пресс-релизов позитивного характера о разных событиях и процессах в жизни города, например, о благотворительности, успехах школьников и студентов, развитии медицины в городе и т. д.

Таким образом, в кризисных ситуациях в городе или регионе PR может стать основным инструментом восстановления репутации и противодействия распространению стереотипов.

## **РОЛЬ МУЗЕЙНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО БРЕНДА ГОРОДА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Что сегодня представляет город Нижний Новгород в масштабах всей страны? Город-миллионер с развитой инфраструктурой, своими предприятиями, богатым прошлым и, вместе с тем, с некоторыми проблемами в настоящем. Когда-то наш город считался «карманом России» благодаря Нижегородской ярмарке и развитой торговой сети. В XX веке Нижний Новгород был закрытым городом, так как в нем размещались предприятия военно-промышленного и оборонного комплексов. Потом появилось всем знакомое высказывание «Нижний Новгород – столица Поволжья». Но все это уже уходит в прошлое.

Очень важно, что говорят о городе за его пределами. Не только в своей стране, но и за рубежом. Созданием, поддержанием и изменением мнений занимается маркетинг территорий или ребрендинг территорий. В случае с Нижним Новгородом более применим второй термин, так как в прошлом существовал определенный образ в сознании россиян о нашем городе. О городе знают, но, на взгляд коренного нижегородца, недостаточно. Городу необходимо создание нового бренда, нового образа, распространение информации, доведение ее до широкой общественности. Но прежде чем доводить информацию до других регионов, иностранных туристов, необходимо донести ее до самих горожан. Если сами жители Нижнего Новгорода не будут знать о достоянии города, не будут заинтересованы в его продвижении, то подобная работа просто не будет иметь смысла.

Основная проблема состоит в следующем. Большинство нижегородцев, к сожалению, плохо знают свой собственный город. И в первую очередь это касается его культурно-исторического наследия. Богатая история нашего города говорит о том, что нам, нижегородцам, есть чем гордиться. Но зачастую мы можем иметь дело только с фрагментарными знаниями, которые касаются отдельных сторон жизни города. И эти знания не отличаются целостностью и полнотой. Задачей PR-специалиста в таком случае является создание информационно-коммуникативного пространства. У Нижнего Новгорода есть большой интеллектуальный потенциал, который еще предстоит раскрыть. И с этим в первую очередь связано научно-техническое направление. Именно на эту сторону деятельности нашего города предлагает обратить внимание автор работы.

Организация нового туристического маршрута – это один из способов решения поставленной проблемы. Так как маршрут будет включать в себя музеи города, рассказывающие о научных разработках, достижениях, технических изобретениях, то взаимодействие с людьми будет осуществляться в рамках музейной коммуникации, имеющей свою специфику. Она была выбрана по следующим причинам: сочетание вербальной и визуальной информации, что улучшает ее восприятие у реципиента; ярко выраженная знаковая сторона коммуникации, ее символическая составляющая; двунаправленность коммуникации; реципиент как активный слушатель. Основной акцент сделан именно на научной сфере деятельности, чтобы сформировать представление о городе как научно-техническом центре, первом в России технопарке, городе с большим научно-исследовательским потенциалом.

Данная работа – это попытка привлечь внимание общественности к нашему городу, его научно-техническому потенциалу, что особенно актуально в эпоху инновационных изменений. Этот проект уже своей данностью инициирует интерес к актуальному срезу истории, что предполагает:

- формирование нового бренда «Нижний Новгород – центр инноваций»;
- привлечение широкой общественности к решению поставленной проблемы;
- повышение уровня осведомленности граждан о научно-технических достижениях горожан;

- повышение роли музеев как центров культуры в процессе налаживания коммуникаций;
- повышение престижа технических специальностей (в первую очередь среди школьников, что повлечет за собой приток абитуриентов на эти специальности);
- привлечение в город дополнительных инвестиций и новых денежных потоков.

УДК 001.2

Е.В. КОШЕЛЕВ

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ОБЩЕСТВЕ И СОЦИАЛЬНЫЙ – В ТЕХНОЛОГИЯХ: КТО КОГО?**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Техника как артефакт сегодня воспринимается не только наравне с первой природой, но даже как *реальность* более *естественная* и *непосредственная*, чем явления первой природы. Вся наша среда искусственная (температура, освещение, условия проживания и т. п.), пища тоже; явления же первой природы интересуют нас или как *сырье*, то есть опять как момент техники, или как *экологические условия*, параметры которых мы должны поддерживать для жизни человека.

С точки зрения понятия «опосредование», техникой являются многие вещи, которые мы обычно техникой не считаем, например, знаки, семиотические схемы, счет, сознательное создание армии, суда, науки, выведение новых видов растений или новых пород домашних животных. Действительно, когда, например, сложились идея и образцы армии или суда, что произошло в культуре древних царств и античности, стало возможным сознательно их создавать. Армия (суд) – это артефакты, обеспечивающие реальную социальную жизнь, их создание предполагает организацию и обеспечение (то есть создание технического изделия), прежде чем их строить, должно быть принято соответствующее решение (технический замысел).

Сознательное выведение культурных растений (пшеница, ячмень, лен, яблони, цитрусовые и прочее), а также домашних животных (лошадей, коров, коз, собак, кошек) тоже должно быть отнесено к технической деятельности. Культурные растения и домашние животные – настоящие технические изделия. Например, чистые породы собак мы сегодня выводим, блокируя возможность случайного спаривания, при этом кинологи добиваются, чтобы выведенные породы отвечали нужным человеку функциональным требованиям. наших собак мы кормим специальной пищей (подобно тому, как заправляем автомобиль нужной маркой бензина), следя, чтобы они не съели на улице что-нибудь не то. Мы специально учим своих любимцев и управляем ими с помощью команд и поводка. Наконец, так же, как и на автомобиль в больших городах, на собаку заводится документ (паспорт), где указаны все необходимые технические характеристики нашего «любимого изделия» (порода, родословная, имя, прививки, адрес хозяина). Возможное возражение: «но ведь собака – это животное, мы их заводим, чтобы они нас или мы их любили, часто собаки нас не слушаются» – не очень серьезное. Автомобиль тоже – не только изделие, но и организованная нами *первая природа*, любим мы его часто не меньше, чем свою собаку, и не всегда мы справляемся с управлением автомобилем, отсюда поломки и аварии.

Процесс создания новых технических средств, разработки новых технологий имел своей целью создание мощного мира искусственного для более полного освоения и овладения миром природным, естественным, для более эффективного использования его возможностей, для гармоничного развития человека в границах мира природы. Короче говоря, хотели как лучше, получили как всегда, вместо ожидавшегося органического, гармонического слияния человека с природой на основе использования новых технологий, это наоборот оторвало человека от природы, но, по мнению автора, на эту проблему можно посмотреть с другой стороны, более позитивной: человек стал больше знать о окружающей среде и использует это в своих целях, человек залез туда, до куда бы он не докопался с помощью простой лопаты!



В наше время человек настолько обленился, что без техники существовать не сможет, мы максимально облегчаем свой труд. Если бы техника могла разумно думать, она давно бы уничтожила человечество.

Выход один – начать с себя, единственная надежда – на думающую личность. Рано или поздно кризис техногенной цивилизации станет всеобщим, игнорировать его уже не удастся в силу катастрофических последствий и техногенных разрушений. Здесь личность и скажет свое слово. Человеку, чтобы сначала выжить, а затем жить и развиваться нормально, придется создать новую мораль, например, отказаться от всех проектов, угрожающих природе или культуре, научиться по-новому использовать технику и технологию (не теряя над ней контроль), перестроить свои интересы и характер деятельности. Главным станет не рост благосостояния, комфорта, силы на основе техники и технологии, а безопасное развитие, контроль над собственными средствами, поиск необходимых условий и ограничений. В их число, судя по всему, войдет контроль над рождаемостью, поддержание только тех стандартов потребления, которые обеспечивают здоровый образ жизни, разумное использование технических средств и изделий. Но конечно, усилия "снизу" от отдельного человека должны быть поддержаны усилиями "сверху" от государства и других институтов.

УДК 659.441.3

Д.Д. ИОФФЕ, Е.А. КАЗАРИНА, А.В. МАМЫКИНА

### **МОРАЛЬНО-ПРАВСТВЕННАЯ СТОРОНА PR И ЕЕ РОЛЬ В РАЗВИТИИ ОРГАНИЗАЦИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Если я выполняю свою работу хорошо и преследую при этом достойную цель, значит, я живу не напрасно. Если же я выполняю свою работу плохо или преследую недостойную цель, значит, я живу зря, даже если мне удалось сколотить целое состояние*

*Джон Калтген*

Обсуждение профессионального статуса любой деятельности начинается, в основном, с обсуждения вопросов о морали и этике. Особенно это касается тех профессий, от которых так или иначе зависит жизнедеятельность общества. Многие из нас хотя бы раз задумывался над вопросами врачебной этики, этики и морали адвоката и т. д.

А существует ли своя этика и мораль у PR?

Большинство профессионалов, занятых в сфере PR, время от времени сталкиваются с этическими проблемами, порождаемыми конфликтом между целью и этикой средств ее достижения. Именно поэтому все, PR-специалисты в первую очередь, должны неизменно сохранять чувство ответственности, поскольку их деятельность воздействует на сознание людей и влияет на жизнь общества. Большое значение в решении вопроса о моральности и аморальности действий специалистов по связям с общественностью играет уровень их востребованности обществом (наличие цивилизованного рынка услуг). Отсутствие стабильного спроса приводит к тому, что специалисты вынуждены браться за «сомнительные» проекты. Зачастую PR-щику приходится работать с организациями, производящими некачественные или даже вредные товары/услуги, или с компаниями, деятельность которых может оказываться неправомерной. И при этом специалист по PR, с одной стороны, обслуживает интересы нанимающей его фирмы, а, с другой, – выступает в роли посредника, распространяя в массы сведения об организации. Однако данная ситуация вынуждает его передавать заведомо ложную информацию, искажающую действительность и наносящую серьезный удар по психологии общества.

Именно отсюда вытекает вывод о том, что основная задача PR-щика – всегда оставаться честным перед внутренними (компания) и внешними (клиенты) аудиториями. PR – это не технология манипулирования. Пиарщик должен передавать информационные послания «в народ» слегка приукрашенной правды, а не выдумки о том, какие хорошие продукты/услуги производит компания-заказчик.

Одно из самых распространенных определений PR гласит, что PR – это деятельность по выстраиванию доверительных отношений между организацией и общественностью. На первый взгляд может показаться, что сведение деятельности профессионалов в области публичных отношений только к формированию доверительных отношений является неоправданным ограничением их поля деятельности. На самом деле, как только мы начинаем говорить о PR, в частности об этической стороне деятельности, сразу же становится ясно, что это огромная и одновременно существенно важная задача как для самого PR-специалиста, так и для общества. Очевидно, что доверие и искренние отношения не допускают использования лжи и пренебрежения нормами этики. Профессионалу в области PR недостаточно иметь навыки, знание и умения, он обязан воплощать в жизнь высокие этические стандарты для того, чтобы выстраивать доверительные отношения с целевой аудиторией и обществом в целом. Без доверия его деятельность просто не имеет смысла. Если PR-специалист допускает использование неэтичных методов в своей деятельности, это может значительно повысить его благосостояние, но, не добившись доверия общества, он вряд ли сможет долгое время существовать в столь конкурентной среде как PR-услуги. Обсуждая вопросы этики и доверия, мы сталкиваемся с одной проблемой, которая зачастую оказывается не преодолимой для специалистов в области связей с общественностью. Дело в том, что, заручившись поддержкой и доверием общественности и обладая при этом необходимыми навыками, знаниями и опытом, он оказывается перед соблазном начать работать исключительно в своих интересах и интересах заказчика. Огромные ресурсы и инструменты PR позволяют профессионалу манипулировать общественным мнением, добиваться высоких результатов и гонораров, применяя нечестные и неэтичные способы и методы работы.

УДК 659.441.3

А.А. ЛУКЪЯНОВА, Н.В. ГРИБИНЮК

### **КОНКУРС СМИ КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последние годы наметилась устойчивая тенденция к проведению различных профессиональных конкурсов, в том числе и конкурсов студенческих СМИ. При этом организаторы таких мероприятий стремятся не только повысить уровень профессионализма участников, но и (в первую очередь) заявить о своей компании максимально возможному количеству лиц, и здесь конкурс выступает в качестве способа продвижения фирмы. Ведь в результате успешно проведенного мероприятия фирма-организатор не только закрепит свои позиции в данной сфере деятельности, но и приобретет новых партнеров и спонсоров, что немало важно в условиях современной рыночной экономики.

Например, НГТУ им. Алексеева – признанный и бесспорный лидер в предоставлении образовательных услуг технического профиля, однако же в системе гуманитарного образования – это довольно молодое учреждение, о котором следует ярко и оригинально заявить. В данном случае нет ничего лучше, чем проведение специального конкурса, ориентированного на демонстрацию высокой квалификации преподавателей гуманитарного факультета коммуникативных технологий, а также умений и навыков его студентов. Именно таким состязанием – инстру-

ментом PR выступит Первый межрегиональный конкурс молодежных изданий «Молодой корреспондент», организованный ФКТ совместно с НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Ключевое значение в данной деятельности имеет атмосфера единения. Команда участников от технического университета и организаторы «Молодого корреспондента» – это не просто группа людей, это представители Нижегородского государственного технического университета, это рекламный продукт, призванный продвигать конкурентоспособные, доступные и востребованные образовательные услуги данного высшего учебного заведения.

И уже сегодня, на этапах подготовки Первого межрегионального конкурса молодежных изданий «Молодой корреспондент», организация соревнования студенческих СМИ дает свои плоды. Данный конкурс, независимо от его окончательных результатов, уже сыграл роль инструмента корпоративного PR: ведь в процессе планирования конкурса, его подготовки произошло сплачивание рабочего коллектива, возникли темы для обсуждения, приносящие дух единения (именно то, что называется «корпоративной идентичностью») и здоровой состязательности.

К тому же в результате своевременной и четкой работы оргкомитета мероприятия привлечено внимание широких масс общественности к достижениям НГТУ им. Р.Е. Алексеева и факультета коммуникативных технологий, в частности, благодаря публикациям в газете.

У нашего университета появились такие знаменитые и уважаемые всеми партнеры, как еженедельник «Московский комсомолец в Нижнем Новгороде», компания «МЕГА-ФОН», ОАО «ВолгаТелеком». Теперь сравнительно недавно разработанный логотип ФКТ узнаваем и у людей напрямую ассоциируется с логотипами известных фирм-партнеров.

Кроме этого, повысился престиж НГТУ как единого современного высшего учебного заведения с акцентом на социальную значимость и актуальность, ведь планируемое состязание посвящено 65-летию Великой победы и всем молодым корреспондентам, отдавшим жизнь и талант за Родину.

Четкое взаимодействие оргкомитета конкурса из числа сотрудников и студентов НГТУ им. Р.Е. Алексеева и партнеров позволило сэкономить время и свести подготовительный период к минимуму, в результате чего время проведения всего соревнования – период с 15 декабря 2009 г. по 18 мая 2010 г. с минимальными финансовыми затратами.

Таким образом, конкурс СМИ является не только частью социально-культурной политики, но еще и одним из основных инструментов внутреннего и внешнего PR.

УДК 379.851

В.А. ГОЛУБЕВ

## **ТУРИЗМ КАК ОТРАСЛЬ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время в России практически не существует единой системы предприятий туристской индустрии. По своей сути многие малые предприятия, оказывающие разнообразные услуги, являются автономными, самостоятельными с высокой степенью диверсификации деятельности. В условиях рыночной экономики туристская деятельность часто подразумевается, а в ряде случаев не является основой для подобных предприятий: транспортные конторы, мелкие рестораны, кафе, организации сферы досуга и развлечения, быта и сервиса, наконец, средства размещения, которые на основе договорных отношений взаимодействуют с туристскими фирмами. Поэтому границы инфраструктуры и индустрии туризма стали условными.

Особое значение при производстве туристской услуги имеет инфраструктура туризма. Классической триадой туризма принято считать транспорт-приют-развлечение. Организация услуг по этим направлениям остается главным в деятельности туристических организаций. Непосредственно туристские организации производят в основном информационные, экскурсионные, рекламные и прочие услуги. Остальные же услуги, входящие в состав туристского продукта, производят предприятия инфраструктуры туризма.

По своей основе упомянутые предприятия представляют в основном малый бизнес в рыночной экономике – ведущий сектор, определяющий темпы экономического роста, структуру и качество валового национального продукта. На сегодня в экономике России этот фактор по своей сути типично рыночный составляет основу современной туристской инфраструктуры. Именно сфера малого предпринимательства обеспечивает во многих экономически развитых странах основную долю занятости населения. Будучи в значительной степени семейным, малый бизнес обеспечивает высокую устойчивость экономики среды, благодаря «нерыночному» характеру своей внутренней структуре. С учетом известных показателей развития туризма в Нижегородской области, его роли в региональной экономике, подобную деятельность следует рассматривать как отрасль специализации. Действующая программа «Развитие въездного и внутреннего туризма в Нижегородской области в 2007–2011 гг.» призвана оказать существенную поддержку и помощь малому туристскому бизнесу, предприятиям, занимающимся туристской деятельностью, оказанием туристских услуг населению региона.

Доступная информация по анализу потребителей туристских услуг и представителей малого бизнеса туристской инфраструктуры в Нижегородском регионе отчетливо свидетельствует, что пока еще существуют серьезные причины, сдерживающие развитие регионального туристского рынка. Эта нехватка комфортабельных гостиниц, санаториев и других объектов размещения туристов, неудовлетворительное состояние достопримечательностей (музеев, культурно-исторических памятников и центров, заповедников и др.), Отсутствует широкая реклама туристских возможностей региона в России и за рубежом. Услуги, предоставляемые местными туристскими компаниями, пока не отличаются высоким уровнем качества: отсутствуют разнообразные туры, программы пребывания отличаются однообразием сервисных услуг, обеспечивающих доступность к объектам показа в районах Нижегородской области.

Именно поэтому большое значение для развития региона имеет широкое привлечение малого бизнеса в инфраструктуру туризма. За счет активной энергии частных предпринимателей удалось частично устранять существующую слабую базу как территориальной, так и региональной инфраструктуры туризма.

В настоящее время происходят большие изменения в экономической составляющей Нижегородского региона и во всем российском обществе. Укрепление малого частного бизнеса, появление большого количества свободных денежных средств у части россиян способствует развитию платных услуг, которые никогда раньше так не были востребованы. Все это не могло не отразиться на жизнедеятельности в отечественной экономике различных секторов и направлений туристской деятельности, в частности, на развитии платной системы профессионального туристского образования. Несомненно, что это направление активно способствует формированию рынка туристских услуг в регионе, является серьезной поддержкой малого бизнеса в его деятельности по развитию туристской инфраструктуры. Пока еще рынок услуг слабо координируется с реальными секторами экономики. Это приводит к несоответствию профессиональных качеств молодых специалистов требованиям работодателей, в конечном счете, молодые специалисты с трудом находят место работы.

Среди актуальных проблем, стоящих перед образованием, преимущественно вузовским, выделяется проблема подготовки молодых специалистов малого и среднего бизнеса, способных самостоятельно ориентироваться на региональном рынке услуг. В связи с чем, специалисты туристского и гостиничного бизнеса будут постоянно востребованы в экономике Нижегородской области.

## МЕТОДЫ АКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете осуществляется подготовка слушателей по профессиональной образовательной программе для получения дополнительной квалификации «Преподаватель высшей школы». Целью программы является формирование у будущих преподавателей высшей школы профессиональных компетенций в области учебной и научно-исследовательской деятельности, развитие профессионального мышления. Главными характеристиками выпускника любого образовательного учреждения являются его компетентность и мобильность. В связи с этим акценты при изучении учебных дисциплин переносятся на сам процесс познания, эффективность которого полностью зависит от познавательной активности самого обучающегося. Успешность достижения этой цели зависит не только от того, что усваивается (содержание обучения), но и от того, как усваивается: индивидуально или коллективно, в авторитарных или гуманистических условиях, с опорой на внимание, восприятие, память или на весь личностный потенциал человека, с помощью репродуктивных или активных методов обучения.

Образовательный процесс с использованием активных методов обучения в условия вуза опирается на совокупность общедидактических принципов (А.А.Балаев, А.А.Вербицкий и др.). Перечислим основные из них:

- 1) принцип равновесия между содержанием и методом обучения с учетом подготовленности обучающихся и темой занятия;
- 2) моделирования;
- 3) принцип входного контроля;
- 4) соответствия содержания и методов целям обучения;
- 5) проблемности;
- 6) принцип «негативного опыта», где в соответствии с данным принципом в учебный процесс, построенный на активных методах обучения, вносятся два новых обучающих элемента – изучение, анализ ошибок, допущенных в конкретных ситуациях и обеспечение ошибки со стороны обучающегося в процессе освоения знаний и умений и навыков;
- 7) принцип «от простого к сложному»;
- 8) принцип организации коллективной деятельности и т.д.

Системная реализация выделенных дидактических принципов, эффективное использование активных методов обучения и развитие познавательной деятельности обучающихся возможны только при целостном технологическом подходе к организации образовательного процесса.

Исходя из тщательного анализа процесса подготовки специалиста в высшем учебном заведении в условиях дополнительного образования, можно сделать вывод, что ведущей технологией организации целостного образовательного процесса, обеспечивающей комплексное использование активных методов обучения, является знаково-контекстное обучение. Согласно А.А. Вербицкому, ведущей характеристикой обучения с использованием технологии контекстного обучения является моделирование предметного и социального содержания будущей профессиональной деятельности. Контекстное обучение позволяет целенаправленно выбирать и комплексно использовать традиционные и новые методы и технологии обучения. Основной задачей подбора методов и технологий обучения является воссоздание не только предметного, но и социального содержания будущей профессиональной деятельности.

Таким образом, организация учебного процесса в рамках реализации дополнительной профессиональной образовательной программы для получения дополнительной квалифика-

ции «Преподаватель высшей школы» в условиях знаково-контекстного обучения позволит проектировать целостный учебный процесс, в котором учитываются такие факторы, как специфика учебных дисциплин, особенности и возможности каждого участника образовательного процесса, а также продолжительность и материально-технические условия обучения.

УДК 300.001

М.Н. НОВИКОВА, В.И. КАЗАКОВА, К.Г. МАЛЬЦЕВ

## НИГИЛИЗМ: ЭПОХА И РЕАЛЬНОСТЬ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

*Упрёк в нигилизме сегодня популярен,  
и каждый приписывает его своему противнику.  
Весьма вероятно, что правы все.  
Э. Юнгер*

Принадлежать времени в эпоху «the time is out of joint» – честь, оказываемая немногим. Сейчас, когда мы все так неистово ищем новизны, остаться в стороне от разлагающейся реальности, принадлежать иному веку, но, тем не менее, заставлять о себе говорить дано немногим понятиям. Поиск новых форм нигилизма в сегодняшнем мире вообще и в России в частности нельзя, разумеется, назвать вовсе бесперспективным. Он вошёл в плоть и кровь нашего духовного опыта также органично, как ницшеанские мотивы в русскую литературу. И всё же нигилизм во многом напоминает музейный экспонат, пусть даже и пользующийся большой популярностью. Подобно шахматам, он был не выдуман, но открыт – и в этом смысле продолжает оставаться социально значимой частью многих дискурсов.

Призрак нигилизма, как и коммунистический идеал, прежде чем осесть на российских просторах, успел изрядно побродить по Европе. Его самую раннюю датировку как «terminus novus» относят (разумеется, с многочисленными оговорками) к первой половине XVIII века; как и большинство принадлежащего времени, он имеет теологическое происхождение. Религиозное мировосприятие само по себе есть наиболее яркий опыт осмысления и переживания «nihil», для которого фикция трансцендентного мира значима более, нежели жизненная реальность. Нигилизм в России, где в самой религиозной практике заключено много загадочных неопределённостей, есть феномен столь же антиномичный, как и русское духовное бытие, он есть «ошибка ума при нетерпении сердца». Ошибки же, в отличие от истинных путей, имеют темпоральную окраску.

Принадлежать своей эпохе – быть связанным с определённым временным периодом кровными узами, подобно привязанности к локализации в пространстве. Открытость «nihil» для мышления не может быть перманентным явлением, главное препятствие для его развития сейчас есть равнодушный отказ от восприятия любой сильной идеи, являющийся неизбежным следствием унификации социального пространства. Упадок мегалотимии не позволяет миру быть, как прежде, по-ницшеански «сумасшедшим». Бесклассовое общество, в котором преобладают упрощающие тенденции, ориентированное на однообразные модели потребления – и материального, и духовного, – не может быть носителем нигилистических идей. «Ничто» само по себе требует воли гораздо более сильной, нежели та, что предполагает прямую «захваченность» бытием. Понятие «нигилогической тенденции», столь часто встречающееся в современной литературе, представляется авторам более адекватным, в современный мир данное явление возвращается – увы – подчас только в виде пародии на безвозвратно ушедшую пассионарность. Само же слово «нигилизм» – лишь эстетическое обрамление, подобающее музейному экспонату.

**МАРГИНАЛЬНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ СОЦИОЛОГИИ ЗНАНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассмотрение маргинальности как социального феномена через призму социологии знания представляется актуальным с нескольких точек зрения. Прежде всего обращение к историческому анализу данного явления со всей очевидностью, как к исходной точке отсчёта, отсылает к гуманистическому периоду античной мысли, когда софисты впервые позволили себе «свободное парение» в социальном пространстве Афин. Аристотелевская маргинализация софистов из сферы мысли была одновременно и первым опытом социальной эксклюзии. Исключение первоначально есть чисто логическая операция, абстракция, переносимая затем в жизненные реалии, и автору законов формальной логики принадлежит здесь один из наиболее удачных проектов. Любое исследование софистики вплоть до наших дней начинается, как правило, с оправдания, стремления оградить от недоброжелательных интерпретаций, так что любая реконструкция превращается подчас в «палеонтологию искажения». Вообще маргинальность может быть определена через парадоксальную несовместимость идентичных по своей сути процессов мышления людей, дающих, тем не менее, различные интерпретации мира. Объектом маргинализации при этом становится один из главных дискурсов социологии знания – интеллектуал, функция которого заключается не только в разработке интерпретации мира, но и в обосновании плюрализма этих интерпретаций, т.е. в допущении скептицизма.

В традиционном обществе сам процесс социальной эксклюзии наделён чертами игры, и маргинальность становится уделом проигравшего. Законы формальной логики были разработаны Аристотелем как правила модной интеллектуальной игры, также и в софистических дискурсах многим видится подчас лишь циничное шутовство; и то, и другое роднит главный признак игры – несерьёзность. Конфликт двух когнитивных практик, будучи перенесён в социальную сферу, перестаёт быть игрой подчас непредсказуемо, столь же неожиданным может оказаться и сам итог. Носитель маргинальных черт есть «оператор определения границ» системы, но данный процесс является и обратимым, и взаимным, роль «негативного «alter ego» перебрасывается, как мяч, от одного игрока к другому. Судьба Сократа, начинавшего мыслить в русле софистики, представляет собой уникальный опыт маргинализации общества личностью, поскольку здесь одному интеллектуалу удаётся обозначить себя как продуктивное начало дискурса – в противовес всем остальным как артефакту. Линия напряжения между исключаящим и исключаемым пролегает в борьбе за значение; маргиналом становится тот, кто предоставляет другим возможность обрисовать границу, установить предел возможностей. Именно такой предел был обозначен Сократом, общество же проиграло, не будучи в состоянии сделать аналогичный шаг в отношении философа. Ему удаётся ограничить режим дискурса, самому оставшись вне пределов его досягаемости, общество же при этом становится крайней, «денотатом без значения», местом ссылки. Смерть – последняя попытка ответного действия по очерчиванию границ, сама радикальность данного шага подчёркивает несостоятельность позиции. Принесение жертвы Асклепию подводит итог дискурсу; подчёркнутое соблюдение социальных традиций и норм окончательно наделяет маргинальным статусом не философа, а общество.

**«ОТЛУЧЕНИЕ ОТ СЕТИ» КАК МАРГИНАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭПОХИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В постиндустриальном обществе маргинальность находит наиболее адекватное отражение в модели социального пространства, где сам процесс социальной эксклюзии находит наглядное воплощение в зиммелевских образах «блуждающего» и «чужака». И тот, и другой

– следствие неподчинению законам социального пространства, отчуждению от определённого вида социального капитала. Г. Зиммель, исследуя влияние таких факторов, как фиксированность индивидов на определённом месте и их мобильность, делал акцент на соотношение пространственных границ и типов социального взаимодействия.

Маргинальность трактуется в данном случае не через традиционные понятия зависимости и эксплуатации, а через структурную иррелевантность. Данный механизм интересен тем, что представляет собой, возможно, первый опыт исследования маргинальности через процесс социально-рефлексивного анализа. Опыт самого Г. Зиммеля можно во многом обозначить как перманентную маргинализацию личности её социальным окружением, происходящую в этнокультурном, профессиональном, экономическом пространствах. Общество в его работах предстаёт как «динамика действия и страдания», переживаемого внутренней стороной существования маргинала.

Данная трактовка социальной эксклюзии становится чрезвычайно актуальной «за пределами экономического общества», когда формирующиеся противоречия становятся более жёсткими, а конфликт разворачивается не вокруг собственности, а вокруг неравномерного распределения самих человеческих возможностей.

Маргинальность в любом её проявлении должна быть соотнесена с формой классового противостояния, существующей в данном обществе. Применительно к современной ситуации речь идёт, во-первых, о ярко выраженной обусловленности социально-психологическими параметрами. В силу того, что ментальное выступает по отношению к социальному как окружающая среда по отношению к системе, структурная иррелевантность есть, главным образом, ментальная структура. В то же время неравенство в информационном обществе вытекает не столько из их относительно улучшенной профессиональной структуры, сколько из исключений и дискриминации, которая имеет место внутри рабочей силы и вокруг нее.

Модель глобальной «включенности» и локальной «исключённости», физической и социальной, разработанная современным испанским мыслителем Мануэлем Кастельсом применительно к странам так называемого «третьего мира», может быть, на взгляд автора, разработана в отношении маргиналов как социально исключённых личностей. Форма эксклюзии обозначается здесь как «отлучение от сети», сводящееся к навязыванию абстрактных формул к конкретным жизненным условиям. Результатом этого является прекращение существования в качестве продуктивного жизнеспособного целого, что является основной характеристикой маргинального состояния.

УДК 001.895:334.72

Н.А. АГЕЕВА, О.В. АНТИПИНА

## **К ВОПРОСУ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

Иркутский государственный технический университет

Важное значение для уяснения содержания инновации имеет их классификация. При этом типологию инноваций можно строить по разным основаниям. Одно и то же нововведение может оказаться в разных типологических группах, в зависимости от того, какой именно его признак будет в каждом случае принят во внимание. Поэтому в научной литературе наблюдается разнообразие классификаций инноваций, которое зависит от ряда критериев. Мы подразделяем инновации на две основные группы: технологические и социальные инновации.

Большинство исследователей уделяют внимание технологическим инновациям, являющимся прямой характеристикой интенсивного типа развития производства. К ним относят все изменения, затрагивающие средства, методы, технологии производства, определяющие



научно-технический прогресс. Именно этот вид инноваций нацелен на создание новых или усовершенствованных продуктов, выпуск которых невозможен при использовании устаревшего оборудования или обычно применяемых методов организации производства.

Социальные инновации представляют собой процесс реализации мероприятий, направленных на изменение взаимоотношений в различных социальных группах, изменение экономических, экологических, культурных, образовательных и организационных аспектов. Социальные инновации нацелены на гармоничное, сбалансированное развитие человека и общества в целом; улучшение качества услуг социальной сферы за счет более полного соответствия меняющимся требованиям общества; снижение социальной дифференциации путем увеличения доступности оказываемых услуг и т.п.

Так, на примере крупных городов Иркутской области (Иркутска, Ангарска, Братска, Усть-Илимска, Усолья-Сибирского) была проведена оценка инвестиционного климата и подсчитана сумма баллов показателей, характеризующих виды инвестиционного потенциала и инвестиционного риска. Результаты подсчетов представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

**Суммы баллов показателей, характеризующих виды инвестиционного потенциала и инвестиционного риска городов Иркутской области (2005 г.)**

	Иркутск	Ангарск	Братск	Усть-Илимск	Усолье-Сибирское
Демографический потенциал	3	-4	1	1	-18
Экономический потенциал	49	10	21	25	6
Трудовой потенциал	12	10	5	12	13
Финансовый потенциал	11	23	21	12	3
Экономический риск	-3	-1	-1	-3	-1
Финансовый риск	1	-8	8	4	-1
Экологический риск	-2	-18	-16	-17	-15

Затем проведено ранжирование городов области по интегральному показателю инвестиционной привлекательности, результаты которого представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Ранжирование городов Иркутской области по интегральному показателю инвестиционной привлекательности**

Рейтинг по интегральному показателю инвестиционной привлекательности	Город	Интегральный показатель инвестиционной привлекательности
1	Иркутск	71
2	Братск	39
3	Усть-Илимск	34
4	Ангарск	12
5	Усолье-Сибирское	-22

По результатам оценки компонентов инвестиционного климата территорий мы видим, что, например, г. Иркутск занимает лидирующие позиции по таким видам инвестиционного потенциала, как демографический, трудовой, экономический; города Ангарск, Братск – по финансовому потенциалу. В тоже время практически все исследуемые города имеют высокий уровень экологического риска.

В целом анализ компонентов инвестиционного климата муниципального образования позволяет выявить сильные и слабые стороны территории, определить её возможности и угрозы. Так, высокий уровень трудового и экономического потенциала позволяет существо-

ющим предприятиям традиционных отраслей осуществить скачок в инновационно-инвестиционном развитии за счет внедрения новых технологий или новых способов производства, новых методов управления. Финансовый потенциал свидетельствует о наличии прибыльных предприятий, которые могут стать источником инвестирования перспективных, в том числе и инновационных, проектов территорий. При разработке программ развития территорий с низким демографическим и трудовым потенциалом максимальное внимание должно быть уделено мероприятиям, направленным на их повышение, поскольку именно демографические и трудовые ресурсы являются основой для других видов потенциала.

Инновационное решение вопросов развития муниципального образования в современный период становится важнейшим условием преодоления социальных проблем.

УДК 796.011

А.А. АХМАТГАТИН

## **ПРОБЛЕМЫ КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ РАБОТНИКОВ МИЛИЦИИ**

Восточно-Сибирский Институт МВД России, г. Иркутск

Формирование мотивационно-ценностных ориентаций личности в отношении ценностей физической культуры и спорта являются необходимым компонентом физической подготовки курсантов образовательных учреждений МВД России.

Это обусловлено тем, что мотив является стимулом и предметом целенаправленной деятельности. Цели, являющиеся дифференциальными составляющими мотива, определяют основные составляющие деятельности – действия, условия достижения этих целей обуславливают операции, являющиеся способами осуществления действий.

Поскольку эффективное совершенствование физической подготовленности может быть реализовано только посредством целенаправленной деятельности, оно невозможно без формирования соответствующей мотивации.

При этом выявлены взаимная зависимость мотивации обучаемых и учебной деятельности, а также возможность направленного изменения мотивации в процессе профессиональной деятельности.

Специалистами отмечается, что мотивация представляет собой:

- сложную систему, состоящую из побудительных компонентов и структур, имеющую содержание и внутреннюю организацию;
- явление, имеющее процессуальную динамику, включающее мотивационные циклы, этапы, звенья;
- элемент более сложной метасистемы – деятельности, из анализа функций и механизмов которой можно понять ее сущность;
- функциональную систему, в которой аффективные и когнитивные процессы находятся во внутреннем единстве и взаимном опосредовании;
- психологическую систему, то есть особый вид психических процессов, регулирующих деятельность.

Действия мотивации включают в себя следующие функции: побудительную, селективную, когнитивную, целемоделирующую, смыслообразующую, регулятивную.

Исходя из этого, эффективными направлениями совершенствования профессионально-значимых мотивов в освоении курсантами ценностей физической культуры являются:

- формирование у них знаний значения уровня физической подготовленности в обеспечении успешной профессиональной деятельности;

- применение системы поощрений курсантов за успехи в совершенствовании их физической подготовленности;
- широкое использование соревновательного метода на занятиях по физической подготовке, предусматривающего состязательность всех курсантов в выполнении определенных (преимущественно профессионально-прикладных) упражнений;
- использование в рамках учебного процесса системы соревнований по прикладным видам спорта с выявлением и обязательным поощрением победителей, призеров и активных участников.

Личностно-значимые мотивы обусловлены личностными особенностями различных людей. Для их формирования необходимо изучение этих особенностей, определяемых чертами характера, склонностями к тем или иным видам деятельности. Данные мотивы могут включать в себя укрепление своего здоровья, совершенствование физической подготовленности, совершенствование телосложения. Также эти мотивы могут проявляться в склонностях к занятиям определенными видами физических упражнений, либо в интересах к конкретным видам спорта. Для эффективного формирования этой группы мотивов необходимо предварительное изучение личностных качеств курсанта, его характера, интересов и склонностей. Посредством изучения указанных характеристик можно сделать вывод о целесообразности, в дополнение к основной образовательной программе, занятий определенным видом физических упражнений, видом спорта для совершенствования физической подготовленности курсанта.

Необходимо отметить, что социально-, профессионально- и личностно-значимые мотивы не существуют изолированно друг от друга, а являются взаимосвязанными и взаимозависимыми. Поэтому для формирования мотивации курсантов к занятиям физическими упражнениями необходимо комплексно совершенствовать мотивы всех рассмотренных свойств.

УДК 159.99

Л.А. ШЕСТАКОВА, М.И. ЗОЛОТАРЕВ

## **ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ КАК СПЕЦИФИЧЕСКАЯ ФОРМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЮДЕЙ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инновационная деятельность инженерно-технических коллективов является специфической формой взаимодействия людей, которые являются носителями современной инженерно-технической культуры. В процессе творческого инновационного акта важным является, с одной стороны, включенность человека в объективно существующие трудовые процессы, в которых проявляет себя социальное многоуровневое взаимодействие. С другой стороны, в этом процессе инновационная деятельность несет на себе все особенности личностного взаимодействия между людьми со всеми своими сложностями, особенностями и динамикой. Коммуникация на уровне смыслов в инновационной деятельности инженерно-технического коллектива в этой ситуации приобретает особый смысл. Продуктом инновационного взаимодействия между людьми проявляют себя результаты их интеллектуального, эмоционального, образовательного, технологического и практического взаимодействия. Современный инженерно-технический коллектив, таким образом, должен обеспечить самостоятельную работу по конструированию коллективно-личностных отношений своих членов, а также психологически сопровождать, корректировать и выверять весь процесс взаимодействия коллективных и личностных смыслов их деятельности. Инновационная деятельность является одним из важнейших проявлений активного созидательного творческого начала в деятельности любого современного инже-

нерно-технического коллектива. Инновации касаются всех сторон жизни общества, поэтому инновационная деятельность предполагает наличие определенных психологических взаимодействий между членами инновационного процесса.

Современное производство, основанное прежде всего на проектной деятельности, предполагает формирование инновационных проектных групп, которые ставят перед собой задачу по выполнению инновационных проектов. При этом члены такой проектной группы, как правило, заявляют о себе сами или подбираются руководством на основании их прошлой деятельности в данной структуре или других структурах. Инновационная деятельность в инженерно-техническом коллективе включает в себя следующие психологические этапы деятельности:

- формулирование инновационной задачи;
- подбор персонала;
- ознакомление персонала с материалами проекта;
- акт целостного восприятия проекта;
- акт эмоционального восприятия проекта;
- акт осмысления проекта;
- реализация проекта инновационной деятельности.

Деятельность организации, выполняющей инновационный проект, обеспечивается деятельностью всего персонала, каждого члена инженерно-технического коллектива. При этом главной целью деятельности самой организации социально-технической системы является, с одной стороны, устойчивость всех организационных подразделений, существование производственных традиций, фирменного стиля деятельности. С другой стороны, необходимо постоянное развитие организации, обеспеченное прежде всего инновационными проектами.

Психологическая оценка персонала инновационной проектной группы обусловлена логикой самой этой деятельности. Инновационная деятельность, совершаемая человеком в современном мире, включается в обширное и целостное пространство деятельности всей организации и данной личности и может быть понята только в соотношении личностных и общественных позиций, в котором в полной мере проявляет себя социальный заказ на инновационную продукцию и инновационные технологии.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

УДК 519.62

Е.Л. АВЕРБУХ, О.Е. ХВОСТОВА, А.А. КУРКИН

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ –  
СТОКСА ДЛЯ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ОБРУШЕНИЕМ ЖИДКОСТИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

При численном моделировании физических явлений, сопровождающиеся сильно нелинейной деформацией в процессе движения, в настоящее время все большее распространение приобретают бессеточные методы. Среди них можно выделить гидродинамический метод сглаженных частиц (SPH), основная идея которого состоит в дискретизации области расчета набором частиц в представлении Лагранжа.

В рамках данной работы было проведено трехмерное математическое моделирование движения жидкости, описываемое с помощью системы уравнений Навье – Стокса:

$$\begin{cases} \frac{Du}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} = \mu \nabla^2 \vec{u}, \\ \frac{Dv}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} = \mu \nabla^2 \vec{u}, \\ \frac{Dw}{Dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} = \mu \nabla^2 \vec{u} + g, \\ \frac{D\rho}{Dt} = 0, \end{cases}$$

где  $x, y, z$  – координаты частицы;  $u, v, w$  – составляющие вектора скорости;  $t$  – время,  $\rho$  – плотность потока;  $P$  – давление;  $\mu$  – коэффициент вязкости;  $g$  – ускорение свободного падения.

В настоящей работе проведено численное моделирование нескольких типов задач, связанных с обрушением жидкости. В качестве модельного случая для проверки начальных и граничных условий была реализована задача равновесного состояния жидкости в стакане.

Была промоделирована задача об обрушении столба жидкости. В начальный момент времени столб жидкости  $0,5\text{м} \cdot 0,5\text{м}$  находится в состоянии покоя. Движение жидкости происходит под действием силы тяжести, давления, вязкости, а на свободной поверхности дополнительное влияние оказывает поверхностная сила. Область расчета представляет собой квадратную область  $2\text{м} \cdot 2\text{м}$ . Для задачи были использованы следующие параметры: шаг по времени  $0,005$  с, коэффициент вязкости  $3,5$  Па·с, начальная плотность жидкости  $1000$  кг/м<sup>3</sup>, число частиц жидкости  $4900$ .

Сравнение с другими авторами показывает достаточно высокое качественное совпадение полученных результатов, и можно заключить, что программный код метода SPH реализован верно, и позволит получить корректные результаты в дальнейших исследованиях.

На представленных в данной работе задачах в трехмерной постановке могут быть выявлены основные достоинства и возможности метода SPH. Вследствие того, что частицы до-

пускают произвольную связность между собой, SPH позволяет рассчитывать задачи с большими деформациями расчетной области и разрывами течений. Все перечисленное указывает на актуальность использования данного метода в областях описания сплошных сред, где наблюдается множественное нарушение связности расчетной области, и моделирование традиционными сеточными методами становится невозможным.

УДК 551.46

Е.А. ВЛАДЫКИНА, О.Е. КУРКИНА, А.А. КУРКИН

### **ПРИМЕНЕНИЕ УТОЧНЕННОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО УРАВНЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В ОКЕАНЕ С ДВУМЯ ПИКНОКЛИНАМИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Основные свойства волновых процессов определяются небольшим числом параметров, таких как нелинейность, дисперсия, диссипация, в связи с чем была разработана асимптотическая процедура приведения систем уравнений с малыми нелинейностью и дисперсией к упрощенным волновым уравнениям, сохраняющим основные свойства исходных систем и при этом дающим хорошую согласованность решений с результатами численных экспериментов и опытом.

В рамках настоящей работы авторами были выведены нелинейные эволюционные уравнения для обоих интерфейсов в симметричной трехслойной жидкости (в приближении Буссинеска) до четвертого порядка малости параметров нелинейности ( $\epsilon$ ) и дисперсии ( $\mu$ ). Эти уравнения содержат аддитивные члены нелинейности (четвертой и пятой степени), нелинейной дисперсии и линейной дисперсии. Коэффициенты этих уравнений найдены в явном виде как функции параметров среды (толщины слоев, плотности), их знаки проанализированы. Но полученные уравнения слишком сложны для анализа нелинейной волновой динамики, поэтому предложено упрощающее нелинейное асимптотическое преобразование волновых полей, которое сводит исходные выражения к более простому уравнению, имеющему вид мКдВ с аддитивными членами нелинейности четвертой и пятой степеней.

Однако для частного случая трехслойной симметричной стратификации коэффициент при нелинейной поправке четвертой степени обращается в нуль, и окончательное уравнение имеет только один аддитивный член: нелинейное слагаемое пятой степени. Его коэффициент после преобразования становится отрицательным для симметричной трехслойной жидкости. Стоит отметить, что уравнения для обоих интерфейсов преобразуются к одному уравнению, а вот асимптотическое преобразование для границ раздела слоев отличается знаком коэффициента перед квадратом амплитуды смещения.

Таким образом, асимптотическое преобразование явно показывает асимметрию смещений интерфейсов, в отличие от сложных уравнений высоких порядков.

Далее авторы рассмотрели полученное после преобразования уравнение (назовем его «расширенное мКдВ») и нашли его односолитонное решение для положительной кубической нелинейности. Такие уединенные волны могут быть как положительной, так и отрицательной полярности, как и солитоны мКдВ, но характеризуются наличием предела амплитуды. Как только амплитуда уединенной волны приближается к этому пределу, солитон начинает уширяться, как и солитон уравнения Гарднера в случае отрицательной кубической нелинейности (соответствует внутренним волнам в двухслойной жидкости).

Также проведено сравнение солитонных решений уточненного слабонелинейного уравнения и полнонелинейных уединенных волн, полученных в результате численного экс-

перимента в рамках полной системы уравнений Эйлера для симметричной трехслойной жидкости со сглаженными пикноклинами и малыми скачками плотности на них. Качественно оба вида решений хорошо согласуются, но количественные оценки показывают, что уточненное слабонелинейное уравнение недооценивает предельную амплитуду почти на 30%.

УДК 551.46

Е.А. ВЛАДЫКИНА, О.Е. КУРКИНА, А.А. КУРКИН

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ УЕДИНЕННЫХ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В БАССЕЙНЕ ПЕРЕМЕННОЙ ГЛУБИНЫ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В отличие от ряда теоретических моделей, где глубина бассейна считается постоянной, для моделирования внутренних волн в шельфовой зоне, имеющего важное практическое значение, необходимо учитывать то, что в реальных водоемах дно имеет переменную глубину. С точки зрения физико-математических моделей введение наклонного дна не является принципиальным и ведет только к изменению граничного условия. С другой стороны, неоднородность глубины в природных водоемах часто является достаточно плавной, то есть процессами отражения волны можно пренебречь и рассматривать волну, движущуюся только в одном направлении. Кроме того, в плавно неоднородной неподвижной среде, как известно, сохраняется поток энергии, что дает нам возможность исследовать процесс трансформации уединенных внутренних волн в рамках адиабатической теории.

Таким образом, в настоящей работе рассмотрены три основных подхода к решению задачи о трансформации внутренних уединенных волн над наклонным дном: численное моделирование в рамках полной системы уравнений гидродинамики невязкой несжимаемой стратифицированной жидкости в приближении Буссинеска, моделирование с помощью слабонелинейной теории (представленной в данном случае уравнением Гарднера) и анализ посредством адиабатической теории. Так, численное моделирование имеет наиболее широкую область применимости и является универсальным инструментом для решения такого рода задач, ведь отличие от классической ситуации, где моделируется распространение волн над ровным дном, заключается только в модификации условия непротекания. Но иногда для более узкого класса волновых движений, удобнее прибегнуть к прогнозам слабонелинейной теории, которая дает довольно хорошие оценки и, в то же время, не требует столь объемных вычислений.

Между тем, в реальных условиях горизонтальное изменение глубины является достаточно плавным (в масштабах длины волны), так что возможно применение адиабатической теории. Польза этого метода, основанного на уравнениях энергетического баланса (в данном случае, для обобщенного уравнения Гарднера с переменными коэффициентами), заключается в том, что, по существу, нет необходимости моделировать весь процесс перестройки, чтобы узнать нужные характеристики волны в интересующей нас точке. Но кроме плавности изменения дна здесь нужно также учитывать невозможность обращения в нуль таких параметров, как скорость волны и, в рассматриваемом случае, коэффициент нелинейности (вблизи этой точки волна должна разрушаться).

В настоящей работе проведено сравнение в рамках трех перечисленных подходов основных качественных этапов трансформации уединенных волн различных амплитуд и изменения вдоль трассы распространения таких показателей, как массы образующихся при перестройке уединенной волны «хвостов», амплитуды и формы самих перестраивающихся солитонов. Даны оценки применимости приближенных моделей относительно величины уклонов дна и расстояний до критических точек.

А.И. ЗАЙЦЕВ, И.С. КОСТЕНКО, В.А. ШУСТИН

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНЫХ МОРСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ О. САХАЛИН**

СКБ Средств автоматизации морских исследований ДВО РАН

Сахалинские нефтегазовые шельфовые проекты являются на данный момент времени единственными в России реально действующими крупномасштабными проектами, находящимися на стадии эксплуатации ряда крупнейших нефтегазовых месторождений Северо-Восточного шельфа Сахалина. В рамках проекта «Сахалин-2» отгрузка нефти и газа с месторождений Пильгун-Астохское и Лунское осуществляется по уже построенным транссахалинскому нефтяному и газовому трубопроводам в район пос. Пригородное, расположенного на прибрежной террасе в заливе Анива.

После больших и продолжительных штормов в юго-западной части Охотского моря, в Японском море и Татарском проливе хорошо развитые большие волны, преломляясь у мысов Анива и Крильон, заходят в залив Анива и бухту Лососей и вызывают явление тягуна в порту Корсаков. Длительность такого опасного явления, как тягун в порту, сопровождающегося как периодическими колебаниями уровня, так и сильными течениями, составляет, по данным наблюдений, от 3 до 81 часа. Исследования СКБ САМИ ДВО РАН, выполненные в заливе Анива в 2009 году, показали, что проведение регулярных численных экспериментов, в которых используется информация, оперативно поступающая с измерительных комплексов, установленных на побережье залива Анива или, в крайнем случае, только одного на входном мысе Анива, позволяет решить эту задачу. Результаты моделирования показывают низкий уровень риска катастрофических последствий от сейсмических цунами, в то же время длительное воздействие градиентов барического давления атмосферы и штормового ветра показали существенно большие наводнения в Анивском заливе (завод СПГ) до 5 м, на северо-восточном шельфе Сахалина – до 4 м. Результаты проверены сравнением с историческими цунами и штормовыми нагонами.

Надежное функционирование данной инфраструктуры невозможно без современной системы мониторинга, контроля окружающей среды и прогноза ее состояния.

И.С. КОСТЕНКО

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЧИЛИЙСКОГО ЦУНАМИ НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ РОССИИ**

СКБ Средств автоматизации морских исследований ДВО РАН

Из печального опыта Индонезийского цунами, произошедшего в декабре 2004 года, когда волны достаточной силы дошли до берегов Африки и Южной Америки, следует отметить, что катастрофическому воздействию могут подвергнуться побережья, значительно удаленные от эпицентра землетрясения. Но это практически единственный случай, когда использование системы предупреждения цунами может свести число человеческих жертв к нулю. Развитие вычислительной техники, компьютерных технологий, численных методов решения систем нелинейных дифференциальных уравнений делают компьютерное моделирование реальных и гипотетических цунами основным методом изучения как особенностей распространения волн в акватории, так и их воздействия на побережье.

Дальневосточное побережье России (Курильские острова, Сахалин, Камчатка) наиболее подвержено такому опасному природному явлению, как цунами. Для уменьшения по-



следствий от воздействия цунами проводятся работы по цунами районированию побережья, открыты центры предупреждения о цунами, накоплено достаточно большое количество записей цунами, хорошо изучены локальные цунами и их свойства.

В настоящей работе проведено численное моделирование распространения исторического цунами сейсмического происхождения в Тихом океане. Рассматривалось событие 1960 года с эпицентром, удаленным от дальневосточного побережья России. Была проведена оценка времени прихода волн от удаленных цунами, силы воздействия на побережье, рассмотрены особенности прохождения цунами через Курильские проливы.

Для моделирования использовался пакет NAMI-DANCE, предоставляющий конечно-разностную реализацию уравнений нелинейной мелкой воды. Данная работа была выполнена с помощью версии пакета NAMI-DANCE, основанного на вложенных сетках. Для исторических цунами начальное возмущение водной поверхности рассчитывалось по модели Окадо, для гипотетических задавался источник эллипсоидальной формы.

В результате были получены данные о характеристиках волны цунами в Охотском и Японском морях от удаленных источников, которые могут быть использованы службой цунами для принятия решений по оперативному оповещению населения.

УДК 550.8

К.И. КУЗНЕЦОВ, А.А. КУРКИН

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сотрудниками НГТУ и ИМГиГ в течение нескольких лет проводятся экспериментальные исследования шельфовой зоны дальневосточных морей. Целью этих исследований является изучение волновых процессов, происходящих на шельфе. В результате было собрано более 170 гигабайт качественных данных о придонной температуре и давлении, а также различные метеоданные, такие как атмосферное давление, температура окружающего воздуха, сила и направление ветра, влажность и др. Таким образом, остро встала задача их систематизированного хранения и обработки. Для решения, этой задачи была разработана информационная система хранения и обработки данных, полученных в результате натуральных измерений волнения.

В основе архитектуры системы лежит клиент-серверная технология. На стороне клиента осуществляется только представление данных, вся обработка данных и даже визуализация происходит на стороне сервера. Пользователь, набрав в Интернет-браузере адрес системы <http://hydrolab.nnov.ru/>, получает доступ к пользовательскому интерфейсу системы. Удобный интерфейс позволяет пользователю сформировать нужные запросы к базе, не требуя при этом специальных знаний, в настоящий момент в системе реализованы три базовые функции: импорт и экспорт данных, построение графиков временных рядов, содержащихся в базе.

Подобная система позволяет структурировать и упорядочить собранные океанологические данные. Дополнительный плюс системы заключается в том, что доступ к данным возможен с любого компьютера, имеющего доступ к Интернету, при этом не требуется дополнительного программного обеспечения. Система позволяет пользователю получить данные с любой дискретностью в виде тестового файла с выбранными рядами данных. С такими файлами работает любая программа обработки данных. Подобный подход предоставляет пользователю абсолютную свободу в выборе программного инструмента для дальнейшей работы с данными. Представление мест постановок на карте позволяет проводить пространственный анализ волновых процессов.

Большое внимание при разработке системы было уделено скорости обработки, для максимальной эффективности применялись последние открытые разработки компании Intel в этой области. Дальнейшая работа будет связана с наполнением базы новыми экспериментами, добавлением возможности хранения метеоданных и наращиванием функционала системы.

УДК 51.73

Д.Н. ЛОБАНОВ, О.Е. ХВОСТОВА, А.А. КУРКИН

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Создание крупных водохранилищ – один из важнейших факторов преобразования природной среды, хозяйства и условий жизни населения на нашей планете. Поэтому большое научное и практическое значение имеют их всестороннее изучение и попытки прогнозирования многообразных последствий их воздействия на природу и хозяйство. Существует несколько основных источников динамических процессов береговой линии водоема:

- размыв берегов Горьковского водохранилища с последующим подтоплением местности;
- осушение (полное или частичное) Рыбинского водохранилища;
- подъем уровня Чебоксарского водохранилища.

В настоящей работе проведено исследование первой проблемы. Подмыв водой склонов, а также переувлажнение подземными водами пород – последствия создания водохранилищ и одновременно причина активизации большинства оползневых процессов.

Актуальность данной темы для Горьковского водохранилища обусловлена наличием сильной селевой эрозии почв и размывом грунта вдоль побережья. Согласно исследованиям Приволжского регионального центра государственного мониторинга состояния недр, выполненных на основе сравнительно-геологического анализа, была выявлена оползневая и селевая эрозия почв и размыв грунта вдоль побережья. Прогноз развития экзогенных геологических процессов показал, что при сохранении существующего уровня водной поверхности водохранилища и ветрового режима размываемые участки береговой линии сохраняют унаследованный характер и ожидается размыв береговой линии.

Центральное место в борьбе с природными угрозами занимает разработка методики оценки рисков. Для оценки риска в настоящее время используются качественные, полуколичественные и количественные подходы. Качественная и полуколичественная оценка риска, как правило, основывается на суждении, а также квалификации и опыте специалистов и применяется в условиях недостатка данных. Для количественного определения опасности требуется соответственно количественная оценка факторов, способствующих возникновению риска.

В настоящей работе для оценки рисков возникновения оползней или возможности их активизации была использована вероятностная математическая модель, основанная на методе геодинамического потенциала. Геодинамический потенциал вычисляется по формуле

$$W_{landside} = 1 - \prod_{k=1}^m (1 - p_k).$$

где  $p_k$  – вероятность возникновения или активизации оползней в пределах площади с проявлением признаков  $k$ , относящихся к учитываемым при прогнозировании факторам. Для оценки риска активизации оползня привлекается информация по разнообразным факторам формирования и развития оползневых процессов.

В ходе работы была создана карта Горьковского водохранилища, на которой указаны наиболее опасные с точки зрения активизации оползневых процессов, участки побережья. Также был произведен анализ воздействия факторов на формирование и активизацию оползней, определена вероятность возникновения ущерба и его ожидаемая величина.

УДК 532

С.В. СЕМИН, А.Г. ЧЕРНОВ, А.А. КУРКИН

## **ПАКЕТ ROMS. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТА НАНОСОВ ДЛЯ РЕАЛЬНОЙ БАТИМЕТРИИ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Огромную значимость имеет исследование и моделирование процессов переноса грунта в прибрежных зонах, особенно тех, которые напрямую используются человеком и подвержены коррозионным воздействиям океанических волнений. Мало провести геологическую разведку состояния грунта, важно знать, что будет с данным участком в будущем при среднестатистическом уровне колебания водной поверхности или внутри океанических течений. В то же время возможности инструментального измерения параметров волнения и транспорта наносов весьма ограничены и не дают многолетних сценариев изменения берегового и подводного рельефа. Возможны лишь кратковременные – продолжительностью 4–6 месяцев измерения волнения и двух-, трехкратная съемка батиметрии и прибрежной топографии с забором проб грунта и взвеси.

Программный пакет ROMS позволяет использовать реальную батиметрию донной поверхности для моделирования практически любых процессов, происходящих в океане. Он объединяет в себе три модели: океаническую, волновую, атмосферную, в результате чего предоставляет возможность учесть огромную совокупность факторов, влияющих как напрямую, так и косвенно на абразивные процессы в океане. Пакет ROMS позволяет учитывать такие немаловажные факторы, как ветер, температура окружающей среды, наличие фитопланктона в воде, плотность грунта донной поверхности, плотность взвешенных частиц, изменение батиметрии с течением времени и др. Однако для использования полного спектра услуг, предоставляемых программой, необходимы большие вычислительные мощности. Поэтому было принято решение использовать лишь одну океаническую модель, а волновые процессы задавать аналитически.

С использованием инструмента ROMS было проведено моделирование процессов транспорта наносов для района взморья на острове Сахалин, в непосредственной близости от которого пролегает автодорога и где процессы размыва происходят достаточно интенсивно. Исследование проводилось на основании заранее измеренной и обработанной для совместимости с программой батиметрии донной поверхности. На данный момент для данной территории время расчета изменения батиметрии составило полтора дня. Результаты эксперимента показали, что наиболее сильные абразивные процессы происходят вдоль круто поднимающегося берега, что в будущем неизбежно приведет к обвалу грунта. Этот участок был выбран неслучайно. Именно такие процессы сейчас там и происходят: небольшие обвалы, сход малого количества грунта. Однако если берег и дальше продолжит размывать, то неизбежно произойдут более крупные сходы со всеми вытекающими последствиями. Для подтверждения этого необходимо провести моделирование для большего расчетного времени с использованием больших вычислительных мощностей.

На финальной стадии исследования находится возможность использования реальных данных о волнениях водной поверхности для рассматриваемых областей в качестве входных для моделирования, что позволит еще больше приблизить модель к настоящим процессам. Также в процессе реализации находится рассмотренный пример с реальной батиметрией, только в качестве возмущений используются числовые данные на выходе из волновой модели SWAN.

Д.Ю. ТЮГИН, А.Р. ГИНИЯТУЛЛИН, А.А. КУРКИН, О.Е. КУРКИНА

## **ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И НЕЛИНЕЙНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛИННЫХ ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В МИРОВОМ ОКЕАНЕ ОТ ВЫБОРА ИСТОЧНИКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важной задачей при численном моделировании внутренних волновых процессов в океане является задание гидрологических условий. Они определяют вариации плотности с глубиной в области вычислений для инициализации численных моделей. Соответствующие данные натурных измерений практически недоступны, поэтому могут использоваться либо модельные аналитические профили стратификации, либо данные о температуре и солености из международных гидрологических атласов на некоторой географической сетке.

Что касается последнего подхода, то данные из различных источников могут иметь различное разрешение, быть основаны на различных наборах исходных результатов измерений и иметь разные алгоритмы усреднения и сглаживания. Таким образом, целью настоящего исследования является изучение влияния источников гидрологических данных (GDEM и WOA) на географические и сезонные распределения кинематических и нелинейных параметров длинных внутренних волн.

WOA (World Ocean Atlas 2005, WOA05) и GDEM (Generalized Digital Environmental Model, GDEM V 3.0) – это массивы усредненных и сглаженных данных натурных измерений температуры, солености и других гидрологических параметров Мирового океана. Данные WOA представлены на одно- и пятиградусной сетках с 33 уровнями глубины (0-5500 м). Данные GDEM представлены на четверть градусной сетке с 78 уровнями глубины (0-6800 м). В ходе работы использовались месячные данные за январь и июль.

Так как данные имеют разное разрешение по координатам, то для сравнения параметров внутренних волн, полученных численным моделированием по этим атласам, были интерполированы. Это позволило провести сравнение на одинаковой 0.5-градусной сетке.

Для первоначального анализа данных были использованы программные средства MATLAB. Учитывая большой объем данных, с которым необходимо работать и потребность в высокопроизводительных вычислениях, было принято решение написать программный комплекс на языке высокого уровня C++. Рассмотренные параметры, такие как фазовая скорость, параметр дисперсии и параметры нелинейности слабо нелинейных моделей КдВ-типа, могут быть использованы для экспресс-оценок возможных полярностей, форм уединенных внутренних волн, их предельных амплитуд, скорости распространения и т.д. Они полезны не только для моделирования эволюции внутренних волн в рамках слабонелинейных моделей, но и для инициализации и задания внешних условий среды в более сложных полнонелинейных, двух- и трехмерных моделях внутренних гравитационных волн (IGW, MIT GCM, POM).

В будущем планируется проведение анализа по более новому атласу WOA09, который на данный момент частично доступен в сети Интернет на официальном сайте <http://www.nodc.noaa.gov>. В ходе переписки разработчики данного атласа пояснили, что он будет создан с разрешением в четверть градуса. Это позволит сравнить атласы по параметрам с большей точностью и большим разрешением.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В основе моделирования лежат уравнения механики сплошной среды в форму уравнений движения Навье-Стокса:

$$\frac{dv^a}{dt} = F^a - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x^a} + \frac{\mu}{\rho} \frac{\partial}{\partial x^b} (T^{ab}), \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = -\rho \operatorname{div}(v), \quad (2)$$

где  $a, b = 1, 2, 3$  – числовые индексы координат;  $v^a$  – компоненты вектора скорости;  $F^a$  – компоненты вектора плотности объемных сил,  $p$  и  $\rho$  – давление и плотность жидкости соответственно;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости;  $T^{ab}$  – тензор поверхностных напряжений.

Основная идея метода сглаженных частиц состоит в дискретизации сплошной среды конечным набором лагранжевых частиц, которые движутся со скоростью потока и допускают произвольную связность между собой, что позволяет отказаться от использования сеток и назвать метод бессеточным. Все функции, входящие в систему уравнений движения, например, давление или плотность, представляются в виде некоторой финитной функции, которая может быть продифференцирована аналитически:

$$A(r) = \int_{\Omega} A(r') W(r - r', h) dr', \quad (3)$$

где  $A$  – искомая функция;  $r$  – радиус-вектор;  $W$  – так называемая функция ядра.

Далее интеграл (3) заменяется конечной суммой по соседним к аппроксимируемой частице:

$$A_s(r) = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{\rho_i} A_i W(r - r_i, h), \quad (4)$$

где  $m_i, \rho_i$  – масса и плотность  $i$ -й частицы соответственно;  $n$  – количество соседних частиц для  $i$ -й. Величина  $h$  является носителем функции ядра. Она определяет радиус взаимодействия между частицами и называется сглаживающей длиной.

Для реализации граничных условий возможно использовать различные методы. В классическом методе используются «виртуальные» частицы, которые действуют на частицы подвижной среды посредством потенциала взаимодействия (частицы Монагана). В другом варианте частицы располагаются вдоль границы в несколько слоев (частицы Морриса). Существует третий подход, когда при приближении частицы рассматриваемого потока к границе ближе чем на расстояние  $d$  вычисляется сила давления со стороны границы в направлении  $\vec{n}(\vec{r}_i)$ :

$$F_i^{press} = m_i \frac{\Delta \vec{x}_i}{dt^2} = m_i \frac{(d - |\vec{r}_{iw}|) \vec{n}(\vec{r}_i)}{dt^2}, \quad (5)$$

где  $|\vec{r}_{iw}|$  – расстояние от частицы  $i$  до граничной частицы.

В работе также рассматриваются вопросы постановки граничных условий на свободной границе: описаны метод нахождения таких частиц и способ задания силы поверхностного натяжения.

# РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ НАЗЕМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ, ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

---

УДК 629.113

А.Н. БЛОХИН, А.И. ЧИВЕНКОВ, А.А. КОШУРИНА, А.Д. КОЗЛОВ<sup>1</sup>, И.Д. ВАЛЕЕВ<sup>2</sup>

### КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ КОММЕРЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С ПЕРСПЕКТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ И НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – НТЦ ОАО «КАМАЗ»

Развитие и эффективное функционирование транспортной системы являются важными условиями экономического и социального прогресса индустриально развитых стран мира.

Возрастающая потребность в перевозках грузов и пассажиров в этих странах вызывает необходимость увеличения и интенсификации использования парка автомобильного транспорта. Это приводит к повышению уровня загрязнения воздушной среды отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а также к росту уровня шума транспортных потоков на улицах и магистралях особенно крупных городов. В процессе эксплуатации автотранспорта в атмосферу выбрасывается целый спектр токсичных веществ, ухудшающих экологическую обстановку особенно в крупных мегаполисах. Например, в Москве доля автотранспорта в загрязнении атмосферного воздуха достигает 85-90 %. И это несмотря на то, что двигатели внутреннего сгорания постоянно улучшаются, что в совокупности с совершенствованием конструкции, технологии и структуры применяемых материалов самих автомобилей обеспечивает непрерывное повышение топливной экономичности последних. Например, показатель средней корпоративной топливной экономичности (SAFE) продаваемых в США легковых автомобилей 2009 модельного года возрос до 32,6 миль/галлон (7,3 л/100 км), что в сравнении с аналогичным показателем автомобилей 1974 модельного года означает рост топливной экономичности в 2,3 раза.

Россия присоединилась к Женевскому соглашению и обязана выполнять европейские нормы на выброс вредных веществ автотранспортом. Специальным техническим регламентом «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» (Постановление Правительства РФ от 12.10.2005 г. № 609 и от 26 ноября 2009 г. № 956), а также технического регламента «О безопасности колесных транспортных средств» (Постановление Правительства РФ от 10 сентября 2009 г. № 720) установлен порядок введения в действие нормативов вы-

бросов в отношении автомобильной техники: экологического класса «ЕВРО-3» – с 1 января 2008 г.; экологического класса «ЕВРО-4» – с 1 января 2012 г.; экологического класса «ЕВРО-5» – с 1 января 2016 г.

Однако легко реализуемые резервы повышения топливной экономичности традиционных автомобилей исчерпываются. Дальнейшее ее повышение достигается все более и более дорогой ценой. Эксперты считают, что достижение поэтапного повышения топливной экономичности массовых автомобилей в США к 2016 г. в среднем на 40%, (предусмотренное принятым в 2009 г. стандартом) потребует увеличения затрат на их изготовление, что вызовет рост цены массовых автомобилей различных категорий не менее, чем на 700-1300 долларов США.

Таким образом, уже сегодня органам власти с привлечением бизнес-сообщества необходимо срочно предпринимать реальные шаги по изменению сложившейся ситуации. В связи с этим чрезвычайно актуальны проблемы поиска альтернативных источников энергии для автотранспорта больших городов.

В таких условиях все более заманчивой становится идея замены в индивидуальных транспортных средствах энергии сгорания нефтяного топлива на электрическую энергию, т.е. идея создания электромобилей.

В настоящий момент назрел очередной этап переоценки места электромобилей среди всех колесных транспортных средств, позволяющий заново определить перспективы их использования в различных отраслях транспорта. В результате работы будет сформирована концепция применения модельного ряда электромобилей на перспективу ближайших 10-20 лет и предложены решения для создания шасси нового поколения ресурсоэффективных и высокопроизводительных городских электромобилей, не уступающего лучшим мировым аналогам.

Следует отметить, что данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009–2013 гг.

УДК 629.113

А.С. ВАШУРИЦ, А.В. ГЕРАСИН, С.А. БАГИЧЕВ, А.В. ТУМАСОВ,  
Л.Н. ОРЛОВ<sup>1</sup>, К.С. ИВШИН<sup>2</sup>

### **РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ И ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КУЗОВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ТРЕХСЛОЙНЫМИ ПАНЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И АВАРИЙНЫХ НАГРУЗОК**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – Удмуртский государственный университет

В работе представлены результаты расчетно-экспериментальной оценки прочности и пассивной безопасности кузова вахтового автобуса, выполненного из трехслойных панелей. Рассмотрены результаты компьютерного моделирования условий опрокидывания автобуса в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН №66. Достоверность полученных расчетов и адекватность подробных конечно-элементных моделей подтверждена данными экспериментальных исследований.

В научно-исследовательской работе отражены следующие моменты:

– Особенности и преимущества конструкций трехслойных панелей, выполненных из деревянных брусьев, образующих каркас панели; наполнителя; наружной (алюминиевой) и внутренней (выполненной из фанеры) панелей.

– Важность расчетно-экспериментальных исследований поведения кузовных конструк-

ций с трехслойными панелями с целью разработки рациональных конструкций, отвечающих современным требованиям прочности и пассивной безопасности.

– Результаты экспериментальных исследований по оценке несущей способности отдельных участков конструкции вахтового автобуса, зон соединения трехслойных панелей, отдельных силовых элементов кузова.

– Особенности подробной расчетной конечно-элементной модели, представляющей реальную кузовную конструкцию и включающую в себя: объемные элементы (имитация деревянных брусьев и наполнителя); оболочечные элементы (имитация панелей); стержневые элементы (имитация болтовых и винтовых соединений).

– Сравнительный анализ результатов компьютерного моделирования условий нагружения участков кузова вахтового автобуса с данными аналогичных экспериментальных исследований. Оценка достоверности расчетной модели.

– Расчетная оценка пассивной безопасности кузова вахтового автобуса с трехслойными панелями по результатам компьютерного моделирования условий опрокидывания автомобиля с уступа (в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН №66).

– Анализ результатов расчетов. Практические рекомендации по повышению прочности и пассивной безопасности кузовных конструкций, выполненных из трехслойных панелей. Обобщающие выводы по работе.

Данная работа выполняется специалистами НГТУ им. Р.Е. Алексеева совместно с доцентом ГОУ ВПО УГУ (Ижевск) Ившиным К.С. в рамках исследований, финансируемых по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

УДК 629.113

А.Н. БЛОХИН, А.А. БОГДАН, С.Р. БИКТАШЕВ, К.Я. ЛЕЛИОВСКИЙ<sup>1</sup>,  
А.С. ФАДЕЕВ<sup>2</sup>, А.Е. КРОПП<sup>3</sup>

### **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ШЕСТНАДЦАТИСТУПЕНЧАТОЙ КОРОБКЕЙ ПЕРЕДАЧ БОЛЬШЕГРУЗНОГО АВТОМОБИЛЯ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – ООО «УК КОМ»,

<sup>3</sup> – Общество «Ученые юга Израиля» (Израиль)

Повышение технического уровня современных грузовых автомобилей осуществляется на основе улучшения эксплуатационной надежности, конкурентоспособности, повышения безопасности движения и производительности.

Решение поставленных задач в настоящее время в значительной мере связывают со степенью насыщения агрегатов и систем автомобиля автоматическими устройствами на базе мехатронного управления.

Появление в мировом авто- и тракторостроении автоматики привело к перестройке как зарубежной, так и отечественной системы проектирования. Сила и выгода мехатронного исполнения агрегатов особенно ярко видна на примере трансмиссий, которые при наличии и отсутствии автоматики управления при одинаковых других компонентах комплекса являют разительный контраст в характеристиках как их самих, так и оборудованных автомобилей. В мехатронном виде они обеспечивают на порядок более выгодные характеристики практически по всем показателям работы машин: техническим, экономическим и эргономическим.

Так, в последнее время наблюдается увеличение числа ступеней в механических коробках передач (к примеру, на автопоездах до 16-20). Это приводит к необходимости более частого переключения, что повышает физические и психологические нагрузки на водителя.



В то же время увеличение скорости движения и количества автомобильного транспорта на дорогах требует от водителя повышенного внимания к быстро меняющейся дорожной обстановке.

Обеспечение в этих условиях безопасности движения и высокой производительности автомобилей может быть осуществлено путем автоматизации управления механическими ступенчатыми трансмиссиями, в первую очередь коробкой передач и сцеплением. Появление микропроцессоров, способных функционировать в тяжелых условиях эксплуатации автомобилей и имеющих высокое быстродействие, позволяет не только повысить точность управления, но и увеличить количество информационных параметров, тем самым реализовать более гибкую логику управлений. В результате, система автоматического (мехатронного) управления коробкой передач приводит к улучшению эффективности использования мощности двигателя, улучшает топливную экономичность, снижает утомляемость водителя.

Сравнивая мехатронные комплексы с их не мехатронными прообразами по техническому совершенству легко увидеть, что первые значительно превосходят последних не только по общим показателям, но и по уровню и качеству проектирования.

Мехатронные комплексы вследствие применения в автоматике микропроцессорной технологии, дают весьма дешевые устройства автоматике по цене, незначительно превышающей цену прообразов, зато по совокупному показателю цена/качество превосходящие их на порядок.

В данной работе будет представлен разработанный алгоритм автоматического управления 16 ступенчатой коробкой передач, имеющей мехатронную систему управления, для перспективных большегрузных автомобилей «РУСАК».

Следует отметить, что данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009-2013 г.г.

УДК 629.113

С.Р. БИКТАШЕВ, Ю.И. МОЛЕВ, С.В. СЕМЕНОВ<sup>1</sup>, Л.А. ОРЛОВ<sup>2</sup>

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТОЛКНОВЕНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С ПЕШЕХОДОМ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – Тольяттинский государственный университет

Среди наиболее актуальных дорожных проблем, существующих в настоящее время в России, можно выделить проблему обеспечения безопасности пешехода. Уровень дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием наименее защищенных участников дорожного движения в нашей стране является самым высоким среди большинства стран мирового сообщества.

Следует отметить, что значительную часть пешеходов составляют дети и молодые люди в возрасте до 24 лет. По данным Всемирной организации здравоохранения Россия занимает третье место в Европейском регионе ВОЗ по коэффициенту смертности пешеходов в возрасте 0-24 лет. Этот коэффициент в нашей стране составляет 4,5 смерти на 100000 человек населения. Минимальный коэффициент зарегистрирован в Швеции: 0,4 смерти на 100000 человек населения; максимальный – в Казахстане: 6 смертей на 100000 человек населения.

Решение данной проблемы, в первую очередь, может быть достигнуто как за счет повышения культуры вождения среди водителей автомобилей, так и культуры поведения на проезжей части среди пешеходов. Тем не менее, весьма важным является вопрос повышения пассивной безопасности транспортных средств с точки зрения пешехода за счет использова-

ния специальных энергопоглощающих элементов конструкции, способных снизить тяжесть травм и последствий возможных ДТП.

В научно-исследовательской работе рассматриваются следующие вопросы:

- анализ нормативных документов и статистических данных ДТП с участием пешеходов;
- выбор и обоснование наиболее характерных условий столкновения автомобиля с пешеходом;
- анализ зарубежного и отечественного опыта моделирования процесса столкновения автомобиля с пешеходом;
- моделирование условий ДТП с участием пешехода методом конечных элементов с использованием современных программных комплексов и подробных конечно-элементных моделей ударников, имитирующих части тела пешехода;
- сбор и анализ экспериментальных данных натуральных испытаний, имитирующих наезд автомобиля на пешехода;
- сравнительный анализ результатов расчетов с данными экспериментальных исследований.

Данная работа выполняется специалистами НГТУ им. Р.Е. Алексеева совместно со старшим преподавателем ТГУ (Тольятти) Орловым Л.А. в рамках исследований, финансируемых по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

УДК 669.162.1.022

И.О. ЛЕУШИН, И.А. АНДРЕЕВ<sup>1</sup>, А.В. ПЕТРУНИН<sup>2</sup>

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК ОБРАБОТКОЙ РАСПЛАВОВ ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ И МОДИФИЦИРОВАНИЕМ НАНОРАЗМЕРНЫМИ ЧАСТИЦАМИ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – Владимирский государственный университет

Как известно, к основным видам обработки металлических расплавов относят такие важные технологические процессы как: рафинирование, модифицирование, доводка по составу и свойствам, подавление отрицательной наследственности, гомогенизация по свойствам и температуре и др. Определяющее значение во всех перечисленных операциях занимает интенсивность перемешивания жидкого расплава, которая влияет на конечные свойства обработанного металла. Опыт показывает, что из всех известных и применяемых способов перемешивания одним из наиболее доступных и эффективных является продувка газом.

Несмотря на свою универсальность и эффективность, способ продувки расплава не нашел широкого признания у литейщиков. Это связано с рядом устоявшихся проблем: во-первых, внедрение процесса для конкретной технологии требует накопления и анализа большого количества экспериментальных данных; во-вторых, параметры дутья очень сильно привязаны к конкретной технологии, а их корректировка становится на производстве сложной задачей.

Все перечисленные проблемы сводятся к одной – оптимизация процесса требует работы с большим числом параметров дутья.

Таким образом, проблема повышения эффективности обработки расплавов по-прежнему актуальна, а разработка технологий, обеспечивающих высокий уровень стабильности и унифицированности литейного производства, содержит в себе большую практическую значимость.

Современные способы обработки расплавов очень часто основаны на комплексном воздействии на металл, что достигается использованием нескольких реагентов различного

механизма действия, однако эффективность работы таких реагентов лимитируется условиями гидродинамического перемешивания ванны.

Традиционно продувку в условиях литейного производства осуществляют в ковшах через пористую футеровку, расположенную на дне, истечение газа в таком случае носит заведомо случайный характер, а режимы течения газо-жидкостной системы становятся неконтролируемыми, что отрицательно сказывается на степени завершенности обработки исходя из кинетических условий проводимой операции.

В настоящей работе предлагается использовать технологию продувки, которая бы обеспечивала наличие в продуваемой ванне нескольких устойчивых зон, что позволяет проводить непрерывный цикл замешивания частиц реагентов и удаление продуктов обработки. В качестве функции оптимизации предлагается использовать комплексный модифицированный критерий, представляющий из себя отношение чисел Архимеда для систем «газ-металл» и «реагент-металл», и который позволяет избежать работы с большим числом параметров.

Предложенный способ продувки позволяет на практике проводить обработку расплавов несколькими реагентами различного гранулометрического состава и добиваться необходимой степени завершенности процессов.

Данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках мероприятия 1.4 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009-2013 гг.

УДК 623.19.84

Р.Н. ПАЛАВИН, К.А. МАСЛОВ<sup>1</sup>, В.А. ЗАКУТАЕВ<sup>2</sup>

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА И СТАЛИ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,

<sup>2</sup> – Волгоградский государственный технический университет

Современное машиностроение требует постоянного совершенствования технологии получения отливок, повышения производительности за счет сокращения цикла изготовления отливок, улучшения чистоты поверхности, значительного сокращения вредных для здоровья рабочих операций. Создание новых и совершенствование существующих методов изготовления отливок имеет большое значение для машиностроения.

Под технологичностью смеси понимают способность смеси формообразовывать полость отливки, отверждаться в определённый период времени, оставаться инертной по отношению к заливаемому сплаву, иметь необходимые податливость и т.д.

Качество литых заготовок зависит не только от правильно выплавленного металла, расчета и выбора литниковой системы, но и от качества изготовленной формы. В машиностроении для получения отливок в основном используют разовые песчано-глинистые формы и стержни вследствие доступности материалов, возможности быстрой переориентации производства под другую номенклатуру литья и меньшими затратами на запуск, и поддержание работоспособности производства.

В большинстве случаев формовочные и стержневые смеси состоят из огнеупорного наполнителя, связующих и технологических добавок. Качество данных формовочных материалов, их физико-химические и технологические характеристики требуют тщательного подбора и анализа. Геометрическая точность отливки и чистота ее поверхности зависит от качества отпечатка формы и стержня, на который влияет взаимодействие материала модельной оснастки с компонентами формовочной смеси.

Придание определенных свойств смесям для получения качественного отпечатка литейной формы заключается, в частности, в подборе материалов.

В литейном производстве существует множество технологических добавок, вводимых в состав смесей, однако данные добавки рассматривались и применялись сугубо для решения одной технологической проблемы (например, придание смесям противопопригарных свойств, высоких прочностных характеристик). Поэтому, предлагается оценивать добавки комплексно, рассматривать не только их непосредственное влияние на гидравлические свойства смеси, но и подбирать их таким образом, чтобы они решали и другие задачи в составах формовочных смесей, повышая технологические и физико-механические свойства смесей.

В настоящее время за рубежом известны аналогичные специальные добавки, получаемые синтетически, которые служат для улучшения свойств формовочных и стержневых смесей. Представляет интерес использование в составах смесей синтетических органоминеральных добавок. Поиск новых материалов, включающих органическую и минеральную фазы, комплексно влияющих на свойства смесей и разработка составов формовочных и стержневых смесей, является актуальной задачей.

Целью данной работы является: получение качественной формы и стержня за счет снижения прилипаемости и подрыва элементов форм; получение смеси с более высоким пределом прочности на сжатие во влажном состоянии; получение смеси, обладающей противопопригарными свойствами; замена дорогостоящих и дефицитных компонентов заводской смеси на материалы вторичного сырья.

Данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках мероприятия 1.4 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009-2013 гг.

УДК 629.113

В.А. НИКОЛЬСКИЙ, А.М. ГРОШЕВ, Ю.П. ТРУСОВ, М.А. САУНИН<sup>1</sup>, В.Г. ДЫГАЛО<sup>2</sup>

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – Волгоградский государственный технический университет

Проблема повышения безопасности дорожного движения на дорогах Российской Федерации является весьма актуальной в настоящее время. Важным является совершенствование эксплуатационных свойств (управляемости, устойчивости, тормозных свойств) транспортных средств (ТС) с целью повышения их активной безопасности. В этой связи большое распространение получили методы имитационного моделирования движения ТС, позволяющие оценивать эксплуатационные свойства ТС по результатам анализа характера поведения соответствующих математических моделей. Такой подход позволяет существенно сократить временные и материальные затраты на проведение сложных дорожных испытаний, расширив при этом возможности теоретических исследований. Использование методов имитационного моделирования позволяет имитировать практически любые дорожные ситуации, оценивать эффективность работы отдельных узлов, агрегатов и систем ТС, рассматривать различные варианты конструктивного исполнения ТС и оценивать степень влияния изменений на характер движения ТС.

В научно-исследовательской работе рассматриваются следующие вопросы:

- анализ методов имитационного моделирования движения ТС;
- анализ нормативных документов, регламентирующие требования, предъявляемые к эксплуатационным свойствам ТС;

- формирование требований, предъявляемых к программным комплексам, позволяющих выполнять теоретические исследования эксплуатационных свойств ТС с высокой степенью точности;
- разработка виртуальной модели ТС, включающей в себя характеристики основных узлов и агрегатов: двигателя, сцепления, коробки передач, главной передачи, подвески, кузова, элементов тормозных систем, шин, мостов и др.;
- исследование поведения модели на примере тестовых задач;
- оценка эксплуатационных свойств ТС на основе результатов имитационного моделирования (моделирование торможения на прямолинейном участке пути, вхождения в поворот с заданным радиусом кривизны, переставка – смена полосы движения ТС);
- сбор и анализ экспериментальных данных лабораторных и дорожных испытаний реальных ТС;
- сравнительный анализ результатов теоретических исследований с данными натурных испытаний.

Данная работа выполняется специалистами НГТУ им. Р.Е. Алексеева совместно с доцентом ВолгГТУ (Волгоград) Дыгало В.Г. в рамках исследований, финансируемых по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

УДК 629.113

В.С. МАКАРОВ, В.В. БЕЛЯКОВ, А.А. АНИКИН, Д.В. ЗЕЗЮЛИН,  
А.С. МОЛОДЦОВ, А.М. НОСКОВ<sup>1</sup>, В.А. ГОРЕЛОВ<sup>2</sup>

### **ПРИМЕНЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИ-МНОЖЕСТВЕННЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ЕГО ПРОХОДИМОСТЬ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Всякий автомобиль, как некий объект являет собой иерархическую структуру не только с точки зрения конструкции (каждая деталь объединена в узлы и агрегаты, из которых строится машина), но и прочих требований, таких как надежность, долговечность, безопасность, экологичность, экономическая (себестоимость машины, себестоимость эксплуатации), требования нормативных документов, эргономика, дизайн и даже индивидуальных требований, предъявляемых особо придирчивым покупателем. Данные структуры на сегодняшний день используются при «анализе превосходства» моделей автомобилей (бенчмаркинге).

Любую машину можно представить в виде множества  $M$  каких-либо характеристик, которое включает в себя совокупность подмножеств  $M \subset (M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8, M_9, M_{10}, M_{11})$ , в той или иной мере влияющих на характеристику  $M$  и характерных структурным элементам транспортно-технологической машины. Каждое подмножество  $M_i$  состоит из  $k$  элементов  $M_i \subset (m_i^1, m_i^2, \dots, m_i^{k-1}, m_i^k)$ , где  $k$  - все возможное количество конструкторских решений. Сочетание различных подмножеств множеств  $M_i, i = (\overline{1, 11})$  дает конечное множество  $M \subset (M_1, M_2, \dots, M_p, \dots, M_n)$  - совокупность конкретных конструкций ТТМ. Рассуждая аналогично, получим множество  $D \subset (D_1, D_2, \dots, D_l, \dots, D_m)$  - совокупность эталонных участков местности. Множество взаимодействий всех сочетаний  $M_p \cap D_l$  даст множество  $E$  - совокупность режимов движения. Множество  $M_p$  можно характеризовать силовыми, кинематическими и геометрическими характеристиками.

Для множества  $D_i$  характерны: физические свойства (плотность и твердость в неразрушенном состоянии, коэффициент жесткости, фрикционные свойства, связность, температура, структура, текстура и пр.); свойства профиля поверхности движения (микро-, макро- и мегапрофиль); наличие водных преград (глубина, скорость потока, характеристика дна и зон входа-выхода).

Сравнивая указанные параметры, получим множество  $E$  - характеристики, по которым можно судить о проходимости ТТС: 1) несущая способность и сцепные свойства (сопротивление движению, реализуемое тяговое усилие); 2) геометрические свойства (дополнительное сопротивление, потеря проходимости по утыкам, зависанию на препятствиях и невписыванию в коридор движения); 3) водные преграды (преодоление вплавь, преодоление вброд).

Данная работа выполняется специалистами НГТУ им. Р.Е. Алексеева совместно с доцентом МГТУ им. Н.Э. Баумана (Москва) Гореловым В.А. в рамках исследований, финансируемых по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

УДК 621.43

Л.А. ЗАХАРОВ, С.Н. ХРУНКОВ, Д.А. ИВАНОВ<sup>1</sup>, Д.В. ЕПИФАНОВ<sup>2</sup>

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

<sup>2</sup> – ОАО «ЗМЗ»

Развитие экономики страны на современном этапе во многом определяется повышением эффективности использования машин, оборудования и различных средств технического оснащения во всех отраслях жизнедеятельности человека.

В настоящее время развитие цивилизации столкнулось с энергетическо-экологическим кризисом. Автомобилизация развитых и развивающихся стран обуславливает рост потребления топлив нефтяного происхождения (автомобили потребляют 80-85 % нефтяных топлив) на 5-10 % в год, в то время как с начала нового века количество разведанных объемов нефти начало сокращаться и уже не восполняет её добычи.

При этом огромное количество выбрасываемых в атмосферу веществ, входящих в состав отработавших газов, оказывает воздействие на чувствительное равновесие природных сил, что приводит как к локальным воздействиям в мегаполисах (в виде роста заболеваний и мутаций), так и глобального характера (глобальное потепление) с непредсказуемыми последствиями.

Значительно уменьшить перечисленные негативные явления можно с помощью применения альтернативного топлива, более распространенного, чем нефть, и содержащего меньше углерода для уменьшения выбросов основного парникового газа. Таким топливом является природный газ, запасы которого в 5 раз превышают запасы нефти.

Сжатый газ (метан, природный газ, биогаз) достаточно давно используется как горючее для ДВС. Метан – это природный газ, который по магистральным газопроводам поступает в крупные города и сгорает в бытовых газовых плитах. Так как запасы метана практически неограниченны, он очень дешев. Кроме традиционной добычи газа, метан можно получать при переработке органических отходов (биогаз). Широко практикуется переоборудование для работы на метане практически любых бензиновых двигателей (карбюраторных, инжекторных) и даже дизельных (хотя объём доработок последних существенно выше и это не всегда экономически целесообразно). При использовании метана в качестве моторного топ-

лива возникает одна проблема – компактно его можно хранить только в сжатом виде под давлением в 250 атмосфер, для чего нужны очень прочные баллоны, что увеличивает общий вес энергоустановки.

Для уменьшения веса необходимо снижать потребление газа на единицу мощности, т.е. повышать КПД двигателя. Природный газ, октановое число которого превышает 125-130, позволяет повышать степень сжатия и по КПД сравнивается с дизельными двигателями, при условии, что двигатель проектируется специально для работы на газовом топливе, а не адаптируется к нему. Поэтому целью данной работы является разработка технических решений с целью создания высокоэффективного ДВС на газовом топливе с КПД, равным или превышающим дизельный ДВС, но на базе широко освоенных дешевых двигателей с искровым зажиганием. Такой подход открывает возможность использования освоенных технологий для выпуска продукта нового поколения и оживления Российского автопрома.

Данная поисковая научно-исследовательская работа выполняется в рамках мероприятия 1.4 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009-2013 г.г.

УДК 621.43

А.Н. ТИХОМИРОВ, О.Б. ТИХОМИРОВА, М.Ю. УШАКОВ<sup>1</sup>, В.В. ДАВЫДОВ<sup>2</sup>

### **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГАЗОВОГО ДВС С МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМОЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

<sup>1</sup> – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,

<sup>2</sup> – ЗАО «Комбарко»

Ужесточение требований по токсичности и шумности все больше обнажает присущие дизелям недостатки; начинается процесс возврата к искровым двигателям. Искровые ДВС по сравнению с транспортными дизелями имеют существенно меньшую первоначальную стоимость, в полтора раза более высокую литровую мощность, низкую удельную массу, относительно простые системы нейтрализации, но, вместе с тем, на 15...35% более низкую топливную экономичность.

На сегодня перспективными альтернативами считаются электрические гибриды или даже чистые электромобили. Однако многократное преобразование энергии из одной формы в другую сопровождается значительными потерями, а таких преобразований на каждом цикле совершается несколько. В результате суммарный КПД передачи энергии от аккумулятора к колесам и обратно не превышает 40%.

По оценкам специалистов, внедрение независимого привода клапанов газораспределения в конструкцию автомобильных двигателей с принудительным воспламенением позволит снизить средний расход топлива на 20...25% за счет оптимизации фаз газораспределения, снижения насосных потерь и отключения части цилиндров на малых нагрузках. В конечном итоге у искровых ДВС появляется возможность достигнуть суммарной эффективности на уровне гибридных силовых установок с электроприводом.

Использование в искровом ДВС вместо бензина газового топлива даст дополнительные преимущества, прежде всего, на переходных и непрогретых режимах, где агрегатное состояние газового топлива становится принципиальным. Совместное применение электромеханического привода клапанов и системы питания природным газом позволит коммерческим транспортным средствам с традиционной трансмиссией приблизиться по экономическим и экологическим показателям к гибридным автомобилям.

Можно выделить несколько позиций, в которых независимый привод мог бы оказаться энергетически выгодным. Это, во-первых, регулирование внешней скоростной характеристики с целью повышения наполнения цилиндров за счет управления моментом закрытия

впускного и выпускного клапана. Второе преимущество – возможность произвольного отключения части рабочих цилиндров или даже отдельных рабочих циклов, что даст неоспоримый выигрыш в экономичности. Эти пути были проанализированы и частично пройдены при выполнении предыдущего этапа.

В то же время в городском движении велика доля режимов малорасходных, в том числе холостого хода, где различия по эффективности у дизельного и искрового ДВС максимальны. Повышение экономичности искрового двигателя на режимах холостого хода может стать последним звеном, дающим окончательный перевес над дизельным двигателем, и приближающим стандартный автомобиль по экономичности к гибриднему.

Данная работа выполняется сотрудниками НГТУ им. Р.Е. Алексеева совместно со специалистом ЗАО «Комбарко» (Москва) Давыдовым В.В. в рамках исследований, финансируемых по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».



## АЛФАТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

АБДРАХМАНОВ В.И.	306	БЕЗНОСОВ А.В.	255
АВЕРБУХ Е.Л.	289, 455, 463	БЕЗРУКОВ А.Л.	116
АВЕРКИН М.Г.	396, 410	БЕЛКОВ И.Г.	6
АГЕЕВА Н.А.	436, 450	БЕЛОВ Д.В.	315, 320, 323
АЗОВ А.Ю.	330	БЕЛОВ С.Е.	102, 272
АКСЮТЁНОК М.В.	300	БЕЛОУСОВ А.В.	59
АЛЕКСЕЕВ Р.А.	422	БЕЛЯЕВ А.И.	183
АЛЕНКОВА И.В.	398	БЕЛЯЕВ Е.С.	433
АЛИПОВА Н.А.	10	БЕЛЯЕВ Э.И.	183
АЛТУНИН Б.Ю.	84	БЕЛЯКОВ В.В.	117, 123, 124, 125, 126, 129, 131, 136, 137, 138, 139, 147, 149
АЛЬПЕРТ М.Б.	201, 202, 204	БЕРЕЗИН Е.В.	330
АНАНЬЕВА Е.Ю.	298	БИКТАШЕВ С.Р.	135
АНДРЕЕВ В.В.	40, 41, 42, 43, 46, 47	БЛИНОВА А.А.	422
АНДРИАНОВ И.А.	215	БЛОХИН А.Н.	117, 119, 123, 174, 194
АНДРУХИВ А.И.	326, 329	БЛЯКЕВИЧЮС Р.А.	250
АНИКИН А.Е.	433	БОБИН А.В.	25
АНИСИМОВ А.Е.	335	БОБКОВ А.Е.	195
АНТИПИН Д.А.	346	БОБОЧКОВ С.И.	166, 167
АНТИПИНА О.В.	450	БОГАТКИН Н.А.	196
АНТОНЕНКОВ М.А.	259, 261	БОГАТЫРЁВ Ю.К.	15, 19
АФАНАСЬЕВА Д.В.	119, 140	БОГДАН А.А.	119
АХМАТГАТИН А.А.	452	БОГДАНОВ О.В.	253
БАБАЕВ А.Ш.	40	БОДРИКОВ И.В.	311
БАБКИН А.А.	284	БОКОВ П.А.	255, 256, 257
БАБКИН Э.А.	39	БОКОВА Т.А.	257, 258
БАГИЧЕВ С.А.	107, 115, 127	БОЛОНИЧЕВА Т.В.	386
БАЖАН Л.И.	304, 311	БОРИСЕНКО А.С.	322
БАКИЕВ Д.И.	184	БОРИСОВ Г.В.	154
БАЛАШОВА Т.И.	10	БОРИСОВ П.В.	11
БАЛЫБЕРДИН А.С.	265	БОРОВКОВ М.Н.	102, 272
БАНДУРКИН Д.В.	326, 329	БОРОДИН С.С.	262, 265, 269
БАРАНОВА В.С.	255, 256, 257	БОРОНИН О.С.	380
БАРАНОВА Е.В.	165	БРЫКАЛОВ С.М.	376, 380
БАРАНОВА Н.И.	336	БУГРОВ С.А.	69
БАРДОВА Е.В.	301	БУГРОВА Е.В.	207
БАРТАЛЬ Н.С.	428	БУЗЫНИН Н.П.	153, 168, 170, 173, 174
БАРЫШЕВ С.Н.	369	БУЙВОЛ П.А.	186
БАТУРИН Д.А.	180	БУСОРГИН Д.А.	230
БАХМЕТОВА Н.А.	345, 360	БУТОРОВА Н.А.	98
БАХМЕТЬЕВ А.М.	270	БУШУЕВА М.Е.	48
БАЧАЕВ А.А.	326, 329	БЫКОВА Ю.С.	188
БАШКАЕВ Д.В.	390, 391	БЫЧКОВ Е.В.	59
БАШКАЕВА О.А.	389		

ВАВИЛОВ В.Д.	367	ГРЕБЕНЬКОВ В.В.	281
ВАГАНОВА Т.С.	50	ГРИБИНИЮК Н.В.	444
ВАГИН Г.Я.	68, 69, 71, 74, 77	ГРИНВАЛЬД И.И.	304
ВАГИНА Н.А.	34	ГРИШИН Е.Н.	246
ВАЛОВ С.А.	50	ГРОШЕВ А.М.	126
ВАНЯЕВ В.В.	58, 81, 82	ГУДКОВ А.А.	316
ВАРЕНКО О.Л.	70	ГУНЬКО Ю.Л.	297, 301, 323, 431
ВАРЦОВ В.В.	301	ГУРЕЕВА Л.В.	376, 386, 402
ВАСЕНИН А.Б.	63	ГУРОВ С.В.	431
ВАШУРИН А.А.	105, 115	ГУСЕВ Д.А.	13
ВАЩАНОВА М.В.	213	ГУСЕВА И.Б.	392
ВЕЛИЕВА Ю.В.	302	ГУСЕВА И.В.	42
ВЕРИНА А.К.	214	ГУСЕВА Н.В.	406
ВИНОГРАДОВ А.Л.	279	ГУСЬКОВ А.А.	366
ВИНОГРАДОВ В.С.	29	ГУЩИН Е.А.	237
ВИНОГРАДОВ С.В.	356	ДАВЫДОВА А.В.	337
ВИСКОВА Е.В.	116	ДАНИЛОВ А.В.	283
ВЛАДЫКИНА Е.А.	456, 457	ДАНИЛОВ И.Н.	293
ВОДЗИНСКИЙ В.Ю.	333	ДАНОВ С.М.	298, 299, 308, 312
ВОЛКОВА А.В.	296	ДАРЬЕНКОВ А.Б.	60, 62, 63, 64
ВОРОБЬЕВ Р.А.	240	ДАШТАМИРОВ Р.М.О.	423
ВОРОНИНА М.А.	27	ДВОЙЧЕНКО Ю.А.	224
ВОРОТИЛИН К.О.	231	ДЕВЯТКИН А.С.	58
ВОРОТЫНЦЕВ А.В.	331	ДЕЛЬЦОВ С.В.	253
ВОРОТЫНЦЕВ В.М.	332	ДЕМЕНТЬЕВА М.Л.	212
ВОРОТЫНЦЕВ И.В.	433, 435	ДЕМИДОВА Л.А.	33
ВУКЕРТ Н.М.	60	ДЕМИДОВА Л.И.	22
ВЬЮШКИН А.Р.	209	ДЕМИНА Т.В.	27
ГАЛКИН М.С.	332	ДЕНИСЕНКО Е.Г.	194
ГАЛКИНА А.И.	362	ДЕНИСОВ Р.А.	370
ГЕРАСИН А.В.	107, 115, 116	ДИАНОВА Е.В.	91
ГИНИЯТУЛЛИН А.Р.	462	ДИКУШИНА М.А.	319
ГИРДА Ю.С.	391	ДИН И	261
ГЛАЗОВ В.Г.	256, 257, 258	ДМИТРИЕВ С.М.	274, 275
ГЛЕБОВ В.В.	92, 93, 96, 98	ДОБРЯЕВ С.И.	83
ГНЕДОВА А.А.	46	ДОРОНИНА А.В.	241
ГОБЕРНИК Н.С.	397	ДОРОФЕЕВ Р.А.	201, 203, 204
ГОЛОВАНОВ В.И.	11	ДРОЗДОВ П.Н.	434
ГОЛУБЕВ В.А.	445	ДРУЖИНИН Г.А.	104
ГОЛУБЦОВ В.В.	188	ДУБИНСКИЙ В.Н.	240
ГОНЧАРОВ А.В.	423	ДУДЫРЕВ В.С.	383
ГОНЧАРОВ К.О.	136, 137, 138, 141, 142, 145	ДУМОВ А.В.	270
ГОНЧАРОВА М.Н.	412	ДУНИЧКИНА Н.А.	51
ГОРБУНОВ А.И.	41	ДУНЦЕВ А.В.	260
ГОРЯЧЕВА Т.В.	89, 95	ДУЦЕВА Д.Е.	252
ГРАМУЗОВ Е.М.	230	ДЮЖАКОВ В.Ф.	188
ГРАЧЕВ А.Н.	90		

ДЯЧЕНКО И.А.	224, 238	ИВАНОВ В.А.	340
ЕВТЕЕВА М.Н.	9	ИВАНОВ Д.А.	188
ЕГОРОВ М.Е.	93	ИВАНЧЕНКО Д.С.	422
ЕГОРОВ Н.И.	224	ИВАШКИН Е.Г.	301
ЕГОРОВ Ю.С.	28	ИГНАТЬЕВ Д.А.	97
ЕГОРОВА Т.К.	333	ИГУМНОВА Е.М.	92
ЕЛЬКИН А.Б.	309	ИЛЬИН А.А.	341
ЕРАСОВ И.А.	195	ИЛЬЮШЕЧКИНА А.В.	298
ЕРЕМИН А.А.	133, 134	ИОФФЕ Д.Д.	443
ЕРМАКОВ Д.Ю.	43	ИСАЕВ А.В.	328
ЕРМОШИН В.В.	283	ИСАЕВ В.В.	328
ЕРШОВ А.Н.	262, 269	КАБАЕВА Л.В.	206
ЕРШОВ Н.В.	150	КАВТАЕВ А.С.	58
ЕСИПОВИЧ А.Л.	298, 299	КАЗАКОВА В.И.	413, 415, 416, 417, 448, 449
ЖАРИКОВ А.С.	94	КАЗАНЦЕВА С.В.	281
ЖЕЛНИНА А.Г.	125, 126	КАЗАРИНА Е.А.	443
ЖИРОВА О.В.	390	КАЛАГАЕВ И.Ю.	304
ЖУЛЬБЕВ А.В.	217	КАЛАЧЁВ Н.А.	305, 313
ЖУРАВЛЁВ Д.Е.	423	КАЛАШНИКОВ И.Б.	44
ЖУРАВЛЕВА Л.К.	248	КАЛИНИН Г.А.	292
ЖУЧКОВ Р.Н.	54	КАЛИНИНА А.А.	315, 320, 323
ЗАБОТИН А.А.	160, 162, 179	КАЛИНИНА Н.В.	215, 216
ЗАЙЦЕВ А.И.	458	КАЛУГИНА Т.В.	373
ЗАЙЦЕВ А.П.	67	КАРЛИНА С.Д.	387
ЗАЙЦЕВ А.С.	147	КАРНАВСКИЙ И.А.	84
ЗАЙЦЕВ Л.И.	303, 314	КАРПОВА С.А.	249
ЗАРИПОВА Ю.Х.	20	КАРПЫЧЕВА Е.В.	404
ЗАХАРИК А.Н.	338	КАЦНЕЛЬСОН К.С.	342
ЗАХАРОВ И.Л.	188, 231, 232, 233, 426	КАШКАНОВ А.О.	432
ЗАХАРОВ Л.А.	188, 231, 232, 233, 235, 426	КВАШЕННИКОВ А.И.	306
ЗЕЗЮЛИН Д.В.	123, 124, 125, 126, 127, 129, 131, 138, 139	КВИТКОВА А.В.	423
ЗЕЛЕНЦОВ В.В.	168, 169, 170, 171, 172, 173, 174	КИКЕЕВ В.А.	225
ЗИМИН В.В.	349	КИМ В.П.	313
ЗИМОНАС Е.В.	251	КИМ П.П.	313
ЗОЛОТАРЕВ М.И.	453	КИПЯТКОВА С.Н.	426
ЗОТОВ М.В.	92, 96	КИРЕЕВ С.В.	343
ЗУБКОВА Н.В.	307	КИРИЛЛОВ С.А.	58, 82
ЗУДИН М.В.	339	КИСЛОВА Т.К.	181
ЗУЕВ В.А.	213, 214, 218, 222	КЛИНДИЯРОВА Т.А.	364
ИВАНОВ С.В.	285	КЛЮЕВА С.С.	404
ИВАНОВ А.А.	378	КНЯЗЕВ В.А.	108
		КНЯЗЕВ Д.И.	315, 320
		КОВАЛЕВ М.А.	344
		КОЗЛОВ А.Д.	151
		КОЗЛОВ С.В.	141
		КОКАРЕВ Д.А.	345
		КОЛГАНОВ С.Н.	91, 92, 98

КОЛЕСНИКОВ В.А.	298, 299	КУЗНЕЦОВ Д.В.	259, 263
КОЛОБОВ Ю.В.	345	КУЗНЕЦОВ И.А.	68
КОЛЬЦОВ М.В.	283	КУЗНЕЦОВ К.И.	459
КОМАНОВ А.А.	346	КУЗНЕЦОВА И.А.	218
КОМАРОВ В.А.	313, 314	КУЗЬМИН В.А.	213
КОНИЩЕВ Б.П.	103	КУЗЬМИН В.В.	31
КОПЕЛОВИЧ Е.А.	81, 82	КУЗЬМИН М.В.	31
КОПКИНА А.С.	217	КУЗЬМИН Н.А.	153, 154, 155, 159, 162
КОПЧЕНКОВА Е.А.	325	КУИМОВА А.С.	52
КОПЫТОВ А.А.	33	КУКЛИНА А.С.	413, 418
КОРОТАЕВ А.Н.	22	КУКЛИНА И.Г.	200
КОРНИЛОВ А.А.	87	КУЛАГИН А.Л.	142
КОРНИЛОВ Д.А.	403	КУЛАКОВ М.Е.	348
КОРНИЛОВА Т.А.	423	КУЛЕПОВ В.Ф.	193
КОРОТИН П.И.	225	КУЛИКОВ А.Л.	73, 86
КОРЧАЖКИН М.Г.	171, 172, 174, 181	КУЛИКОВА А.Г.	82
КОРЯКИН А.А.	208	КУЛИКОВА Ю.В.	227
КОСАРЕВ Д.В.	363	КУЛЯСОВ П.С.	32
КОСОЛАПОВ Д.В.	146	КУПРИЯНОВА Н.А.	307
КОСТЕНКО И.С.	458	КУПЦОВ А.А.	423
КОСТЕРИН Ю.Ф.	19	КУРДАЕВ С.В.	260
КОСТИКОВ Е.С.	346	КУРКИН А.А.	289, 383, 384, 455, 456, 457, 459, 460, 461, 462, 463
КОСТИН С.Ю.	149	КУРКИНА О.Е.	456, 457, 462
КОСТРИКИН А.В.	275	КУСТИКОВ А.Д.	182
КОСТЫРЕНКО И.Е.	291	КУСТОВ М.С.	256, 257
КОТОВА Н.Н.	321	КУТИЛОВА О.И.	89, 95
КОШЕЛЕВ Е.В.	442	КУТУЗОВА Е.Ю.	219
КОШЕЛЕВ Ю.В.	153, 155	КУУЛЬ М.С.	39
КОШУРИНА А.А.	164, 196, 201, 202, 204	КУФТЫРЕВА Н.А.	399
КРАВЕЦ В.Н.	135	КУЩЕНКО И.В.	101
КРАВЦОВ Д.Н.	292	ЛАВРОВ Л.Г.	166, 167
КРАВЧЕНКО В.Н.	168, 171	ЛАКЕЕВ А.С.	143
КРАСНОВ А.В.	306	ЛАПШИНА Ю.В.	234
КРАСНОВ В.Л.	306	ЛАРИН А.Г.	211
КРАСНОКУТСКИЙ И.Д.	229	ЛАРЬКИНА Ю.А.	281
КРАШЕНИННИКОВ М.С.	164, 196, 375	ЛАШМАНОВ М.С.	322
КРОПП А.Е.	119	ЛЕГЧАНОВ М.А.	262
КРОШИЛИН А.В.	21	ЛЕЛИОВСКИЙ К.Я.	108, 110
КРОШИЛИНА С.В.	21	ЛИМОНОВ А.К.	232
КРУГЛОВ И.А.	21	ЛИПЕНКОВ А.В.	175
КРЫЛОВ А.В.	430	ЛИПЕНКОВ М.В.	390
КСАНДРОВ Н.В.	321	ЛИПИН И.А.	358, 365
КУДРЯВЦЕВ С.М.	150, 151	ЛИПКАН А.В.	349
КУДРЯШОВ И.Н.	30	ЛИСОВСКАЯ Е.Ю.	277
КУЗИКОВА Н.И.	7		
КУЗИНА О.В.	324, 325		

ЛИСОВСКИЙ О.Я.	277	МИРОНОВ А.В.	41
ЛОБАНОВ Д.Н.	460	МИРОНОВА Л.В.	419
ЛОГИНОВ А.В.	260	МИРОНОВА Ю.С.	403
ЛОСКУТОВ А.А.	76	МИХАЙЛОВА Н.Ю.	252
ЛОСКУТОВ А.Б.	76	МИХАЛЕНКО М.Г.	328
ЛУКОНИН В.П.	352, 358, 367	МИШУЛИНА О.А.	21, 25
ЛУКЪЯНОВА А.А.	444	МОЗОЛИН Н.Е.	426
ЛУНИН А.В.	308	МОИСЕЕВ Д.О.	242
ЛЪВОВ А.В.	264, 265, 266, 267, 268, 274	МОИСЕЕВА Е.Г.	391
ЛЯМИНА Н.Н.	328	МОКЕИЧЕВА М.Л.	46
МАЙСТРЕНКО В.К.	293	МОЛЕВ Ю.И.	165, 194
МАКАРОВ А.В.	260	МОЛОДЦОВ А.С.	149
МАКАРОВ В.С.	123, 129, 131, 136, 137, 138, 139	МОЛОЧКОВ К.А.	352
МАКАРОВА А.Е.	324	МОНЧАРЖ Э.М.	361
МАКАРОВА И.В.	149, 183, 186	МОРЯХИНА Е.Е.	70
МАКОВЕЦКИЙ Д.П.	350	МОСКВИЧЕВА А.В.	406
МАКСИМОВА Е.Ю.	400	МОСЯГИН П.В.	430
МАЛАФЕЕВ О.Ю.	69	МОТРЕНКО А.В.	135
МАЛАХОВ В.А.	286, 288, 291	МОШКИНА Т.А.	352
МАЛАХОВЕЦКИЙ А.Ф.	149	МОШКОВ Д.С.	155
МАЛЕЕВ А.А.	245	МУРЕЛЬ А.В.	333
МАЛЫШЕВ Г.С.	290, 292	МУСАРСКИЙ Р.А.	127
МАЛЫШЕВ К.С.	351	МУСОНОВА В.Л.	374
МАЛЫШЕВА М.М.	229	МУХИНА Т.Г.	447
МАЛЫЦЕВ И.М.	246, 247	МУШИН В.С.	401
МАЛЫЦЕВ К.Г.	448	МЮНЦ А.А.	323
МАМЕДОВА Л.В.	422, 423	МЯСНИКОВ В.М.	347
МАМЫКИНА А.В.	443	НАЗАРОВ А.В.	282, 283, 285, 287
МАНСУРОВ Р.Ш.	400, 401	НАЗАРОВА Н.И.	247
МАРДУС Е.А.	61	НАУМОВ Е.А.	116
МАРКИСОНОВА А.В.	97	НЕЗНАХИНА Е.Л.	404
МАРКОВА Т.В.	408	НЕЧАЕВА Е.П.	319
МАРСАВИНА Е.Н.	87	НИКАНДРОВ И.С.	206
МАСЛЕННИКОВ А.В.	338	НИКИТАЕВ М.М.	400
МАСЛОВА И.Ю.	309, 317	НИКИТИНА Н.В.	306, 311
МАСЛОВА О.А.1	75	НИКОЛАЕВА А.Г.	372
МАТВЕЕВ В.В.	220	НИКУЛИН Е.А.	32
МАТВЕИЧЕВ П.Б.	139	НИЛЕНДЕР О.С.	409
МАТКИВСКАЯ Ю.О.	430	НОВИКОВ П.А.	15
МАХОВ К.А.	258, 263	НОВИКОВА В.Н.	395
МЕЛУЗОВ А.Г.	295	НОВИКОВА М.Д.	422
МЕЛУЗОВ И.И.	45	НОВИКОВА М.Н.	408, 448
МИЛОВ Д.В.	14	НОСКОВ А.М.	127, 129
МИЛОСЛАВСКИЙ Д.Ю.	425	НЫРКОВ Д.А.	262, 269
МИНАЕВ Д.В.	52	ОВЧИННИКОВ А.Ю.	99, 100
		ОВЧИННИКОВ М.Ю.	177
		ОГОРОДНОВ С.М.	113, 143
		ОЖЕРЕЛЬЕВА Н.К.	375

ОЖОГИНА О.А.	407	ПРОВоторов А.С.	24
ОЛОНИНА А.М.	441	ПРОНИН А.Н.	280
ОЛОНЦЕВ А.С.	353	ПРУСОВ Е.С.	242
ОПЕНКОВ М.Н.	266, 267, 268, 274	ПУТКОВА И.Г.	93
ОРЕХОВА Е.Е.	46	ПУЧЕНКИН А.В.	80
ОРЛОВ Л.Н.	107, 115, 116	ПЧЕЛКИН Д.А.	295
ОТРЕЗОВ Д.А.	181	ПШЕНИЧНИКОВ В.В.	64
ОШМАРИН Д.В.	16	ПЫЛЬКИН А.Н.	22
ПАВЛОВА Н.С.	354	ПЫРЯЛОВ Л.А.	252
ПАКШИН П.В.	54, 56	РАДИОНОВ А.А.	292, 293
ПАКШИНА А.П.	420	РАЕВСКИЙ А.С.	284, 286, 288, 290, 291, 292
ПАЛАШОВА И.В.	100	РАССАДИН А.Э.	212
ПАЛЬЦЕВ В.В.	379	РЕЗНИКОВ М.Б.	55
ПАНФИЛОВ А.А.	242	РЕШАНОВ В.А.	103
ПАНЮШКИНА М.С.	355	РОГОЖИН А.Е.	409
ПАПУНИН А.В.	145	РОГОЖИН В.В.	298
ПАРФЕНЦЕВА Е.Т.	423	РОМАНОВ А.О.	228
ПАТРУШЕВ Н.Л.	235	РОМАНОВ И.Д.	188, 189
ПЕНКИН А.Н.	221	РОМАНОВА В.А.	440
ПЕРЕПЕЛОВ А.В.	117	РУДНИЦКИЙ В.И.	29
ПЕРЕТРУТОВ А.А.	303, 305	РЯБИКИНА Т.В.	91, 99, 100
ПЕРШИН Е.А.	315, 320, 323	РЯБКОВА О.С.	265
ПЕСКОВ Н.П.	356	РЯБОВА Т.А.	312
ПЕСТРЕЕВ А.И.	357	РЯБКОВА Т.А.	358, 365
ПЕТРОВ А.А.	71	РЯЗАПОВ Р.Р.	264, 266, 267, 268, 274
ПЕТРОВА И.В.	185	САВИНОВ А.В.	269
ПЕТРУНИН В.В.	377	САВИНОВ Б.В.	133, 134, 139
ПЕТРУХИН А.А.	86	САВИНОВ В.Н.	217
ПЕТУХОВ А.Н.	435	САВЧЕНКО И.А.	439
ПИКУЛЬКИН А.А.	169, 171, 172, 173, 174	САДОВСКИЙ А.И.	423
ПИСЬМАРОВ М.Н.	38	САЖИН С.Г.	339, 341, 347, 351, 354, 355
ПЛАТОНОВ А.В.	87, 91, 92, 96, 98	САЗАНОВ А.А.	18
ПЛАТОНОВ И.А.	96	САЛИН М.Б.	225
ПЛЕСКОВА С.Н.	296	САЛТЫСЮК А.Б.	158, 162
ПЛЕСОВСКИХ К.Ю.	431	САМАРИН А.И.	124
ПЛИЧКО В.И.	26	САМАРОВ А.В.	53
ПЛОТНИКО М.Ф.	403	САМОЯВЧЕВ И.С.	62
ПЛОХОВ С.В.	302	САНДАКОВ М.Ю.	237
ПОДМАРЕВА М.А.	392	САФРОНОВ А.С.	103
ПОЖИДАЕВА А.С.	48	САХИПОВ В.Р.	306
ПОЛЫМОНОВА А.В.	239	СВЕЧНИКОВ А.С.	86
ПОПКОВ С.В.	385	СЕВРЮКОВ А.А.	36, 421
ПОПКОВ К.Е.	286	СЕВРЮКОВ М.А.	36
ПОПОВ А.В.	53	СЕДОВ Д.М.	90
ПОПОВ Е.А.	287	СЕДОВ М.К.	278
ПОСЕЛЕНОВ Е.Н.	236		
ПРИПИСНОВ В.И.	98		

СЕЗЕМИН А.В.	231, 232, 233, 426	СУЯКОВ С.А.	82
СЕЛЕЗНЕВ Н.Е.	282	ТАЛИСОВ А.С.	434
СЕЛЬЦОВА И.А.	243	ТАРАСОВ А.Н.	188, 233
СЕМАШКО А.В.	10, 26	ТАРПАНОВ И.А.	64
СЕМЕНОВ Д.А.	222	ТЕЛЕГИН А.А.	367
СЕМЕНОВА Н.М.	222	ТЕРЕНТЬЕВ В.В.	449
СЕМЕНЮК А.В.	124	ТЕРЕНТЬЕВ П.В.	77
СЕМИН С.В.	461	ТЕРЕЩЕНКО И.А.	383
СЕМИНА А.О.	424	ТЕСЛЕНКО Е.В.	40
СЕНГАЕВ М.В.	373	ТИМОФЕЕВ А.М.	244
СЕРГАНИН Д.А.	276	ТИХОМИРОВ А.Н.	189, 190
СЕРЕБРЯКОВ А.В.	63	ТИХОМИРОВ С.А.	191
СЕСОРОВА О.А.	312	ТИХОМИРОВА В.М.	88
СИБИРКИНА А.А.	359	ТИХОНОВА Н.Е.	234
СИВКОВ В.Л.	253	ТИШКОВ К.Н.	319
СИДОРОВ А.Ю.	271	ТОКМАРЗИЕВА А.С.	27
СИНИЧКИН С.Г.	105, 113	ТРУНОВА И.Г.	319
СИНИЧКИНА А.А.	423	ТУЛЯКОВ Ю.М.	113
СИТНИКОВА Д.С.	393	ТУМАНОВА Е.О.	65
СКВОРЦОВА М.А.	190	ТУМАСОВ А.В.	107, 115, 116, 117, 125, 164
СКУДНОВ В.А.	252	ТУМАСОВА Н.А.	126, 154, 168, 169, 170
СМИРНОВ И.В.	365	ТУРЧЕНКО М.В.	47
СМИРНОВ С.П.	360	ТЮГИН Д.Ю.	462
СМИРНОВА Е.А.	438	ТЮРИНА А.В.	84
СОБОЛЕВА Е.Г.	361	УБИТИН М.Н.	193
СОБОРНОВ А.Е.	266, 267, 268, 274	УДАЛИЩЕВ С.В.	376
СОКОЛОВ А.А.	252	УЛЮШКИН А.В.	367
СОКОЛОВ А.Н.	273	УСКОВ О.В.	288
СОКОЛОВ А.С.	31	УШАКОВА Н.О.	409
СОКОЛОВ Е.В.	58	ФАДЕЕВ А.С.	119
СОКОЛОВА Т.Н.	315, 320, 323	ФАДЕЕВА Е.С.	297
СОЛДАТОВА Ю.С.	391	ФАДЕЕВА Ю.В.	87
СОЛНЦЕВ Д.Н.	262, 265, 269	ФАРАФОНОВ В.А.	274, 275
СОЛОВЬЁВА А.С.	413, 449	ФЕДОРОВА Е.А.	8, 316, 317, 318
СОРОКИН В.Д.	265	ФЕДОСЕНКО Ю.С.	51, 52, 55
СОСНИНА Е.Н.	75, 76, 77, 78	ФЕДОСОВ А.Е.	308
СПИРИДОНОВ Д.В.	264	ФЕДОСОВА М.Е.	308
СТАРОСТИНА О.Н.	87	ФЕДОТОВ И.Ю.	105
СТЕКЛОВ А.С.	85	ФЕЙГИН А.А.	176
СТОРОЖЕВА Н.В.	101	ФИГУРИН Р.В.	235
СТУКАЛЕНКО Е.Н.	437	ФИЛАТОВ Д.А.	78
СУББОТИН А.Ю.	311	ФЙЗРАХМАНОВА Г.А.	407
СУВОРОВ А.С.	225	ФОМИН А.А.	384
СУЛИМОВ А.В.	312	ФОМИН С.А.	72
СУЛИМОВА А.В.	312	ФОМИН Ю.Н.	231
СУПРУНЕНКО А.В.	37	ХАБИБУЛЛИН Р.Г.	149, 186
СУРОВЕГИНА Т.Ю.	200, 206		
СУСЛОВ Б.А.	17		

ХАЗОВА ВЕР.И.	226	ШАЙДУЛЛИН М.Г.	227, 228
ХАЗОВА ВИК.И.	226	ШАЛУХО А.В.	75
ХАМИДУЛЛИН И.Р.	149	ШАЛЯВИН Д.Л.	216
ХАРИТОНОВ С.В.	250	ШАМИНА А.С.	318
ХВАТОВ О.С.	60, 62, 64	ШАПКИН В.А.	117, 158, 160, 192, 164, 196
ХВОСТОВА О.Е.	289, 383, 384, 455, 460, 463	ШАПКИНА Ю.В.	157, 158, 159, 160
ХИЗБУЛЛИН А.М.	273	ШАТИЛОВ А.В.	121
ХМЕЛЕВ А.В.	8	ШАТИЛОВ В.В.	121
ХОДЫКИНА И.В.	59	ШАШКОВ А.О.	177
ХОХЛОВА Е.А.	102, 272	ШЕМАГИН В.А.	264
ХРАМОВ А.А.	431	ШЕСТАКОВА А.А.	427
ХРАМОВ Ю.И.	271	ШЕСТАКОВА Е.Ф.	394
ХРАМЦОВА О.В.	438	ШЕСТАКОВА Л.А.	453
ХРОБОСТОВ А.Е.	262	ШИБАНОВ Н.А.	388
ХУДЯКОВА Н.Н.	247	ШИКИНА Е.П.	322
ЦВЕТКОВ А.И.	55	ШИХОВА А.С.	377
ЦЕПИЛОВ Ю.И.	314	ШЛЮГАЕВ А.Ю.	51
ЦЫБРЯЕВА И.В.	366	ШЛЯПИН Е.С.	35
ЧАНДАЕВ А.Н.	229	ШМЕЛЕВ Д.И.	273
ЧЕЛНОКОВА М.В.	315, 320, 323	ШОХОНОВА М.В.	274
ЧЕЛЬШКИНА В.В.	321	ШУМИЛКОВ А.И.	256, 258, 259
ЧЕРНОВ А.Г.	461	ШУСТИН В.А.	458
ЧЕРНЫЙ И.В.	73	ЩЕННИКОВ С.А.	298
ЧЕРНЫШ А.С.	280	ЩЕРБАКОВ В.В.	292
ЧЕРНЫШОВ М.В.	84	ЩЕРБАКОВ Р.В.	368
ЧЕЧИН Н.А.	285	ЩЕРБАКОВА Е.Е.	437
ЧИВЕНКОВ А.И.	82	ЭПШТЕЙН А.Ю.	20
ЧИРКОВА М.М.	236	ЮРАСОВ С.А.	266, 267, 268, 274
ЧИСТЯКОВА А.В.	386, 402	ЮРТАЕВ С.Н.	74
ЧИХАЛИН Ф.И.	382	ЯНЧЕНКОВА Н.В.	217
ЧУБЕНКО М.Н.	303, 305	ЯРМОНОВ М.В.	259
ЧУЛКОВ С.В.	422	ЯСЕНОВ В.В.	180



# **БУДУЩЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАУКИ**

## ***Тезисы докладов IX Международной молодежной научно-технической конференции***

Редакторы: О.В. Пугина, Н.Н. Максимова  
Технический редактор Т.П. Новикова

Подписано в печать 04.05.2010. Формат 60 x 84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 60,5.  
Уч.-изд. л. 45. Тираж 100 экз. Заказ

---

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.  
Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия:  
603950, Нижний Новгород, ул. Минина, 24.