

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Академия технологических наук Российской Федерации  
Верхне-Волжское отделение АТН РФ

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Международной научно-технической конференции

### **«СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»**

(XIV Бенардосовские чтения)

**29-31 мая**

II том

**Иваново 2007**

Во II том материалов научно-технической конференции включены тезисы по микроэлектронным и микропроцессорным управляющим устройствам и системам; теплообмену в промышленных установках; электромеханике и МЖУ; представлены результаты научных исследований в области динамики, надежности и диагностики механических систем; рассмотрены вопросы техногенной безопасности в энергетике, технологии машиностроения, математические методы в технике и технологиях, а также социально-экономические и гуманитарные аспекты НТП и вопросы управления качеством образования.

Редакционная коллегия:

засл. деятель науки, д-р техн. наук, проф. **С.С. ТАРАРЫКИН** (председатель), д-р техн. наук, доц. **В.В. ТЮТИКОВ** (зам. председателя), акад. МАИ, д-р техн. наук, проф. **В.Н. НУЖДИН**, д-р техн. наук, проф. **Ю.А. МИТЬКИН**, д-р техн. наук, проф. **А.В. МОШКАРИН**, чл.-кор. АЭН РФ, д-р техн. наук, проф. **В.А. САВЕЛЬЕВ**, д-р техн. наук, проф. **В.А. ПОЛЕТАЕВ**, заведующая РИО **С.В. КЛЮНИНА**

ISBN 978-5-89482-475-8  
ный

© □ ГОУВПО «Ивановский государственный  
энергетический университет  
имени В.И. Ленина», 2007.



## СЕКЦИЯ 7. МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

УДК 621.316.544.1(035.5)

А.П. БУРКОВ, к.т.н., с.н.с., Е.В. КРАСИЛЬНИКЪЯНЦ, к.т.н., с.н.с.,  
Н.В. САЛАХУТДИНОВ, инженер  
(ИГЭУ)

### Аппаратная база для контроллера движения

Контроллер движения (КД) представляет собой встраиваемую вычислительную машину, поставляемую с набором периферийных устройств, силовых модулей и программным обеспечением. Необходимой составляющей КД является наличие набора стандартных интерфейсов, обеспечивающих взаимодействие с компьютерами, измерительными устройствами и различными сенсорами.

Указанные требования могут быть выполнены на основе т.н. «систем на кристалле» (SoC), в которых размещается ядро высокопроизводительного микропроцессора, оперативное и запоминающее устройство Flash-типа, контроллеры интерфейсов и внешняя шина адреса/данных. В разрабатываемом КД используются распространенные SoC с ядром ARM7. Ядро ARM7 является RISC-машиной, предполагающей использование небольшого числа команд и соответственно состоящей из относительно небольшого количества логических элементов, имеющей 32<sup>х</sup>-разрядную шину данных. Ядро имеет высокую производительность (тактовая частота от 20 до 200 МГц для различных модификаций) и низкое энергопотребление. Благодаря этим свойствам процессоры с ядром ARM7 находят широкое применение во встраиваемых системах. Для обеспечения требуемых свойств КД используемая SoC снабжена дополнительной постоянной и оперативной памятью. Подключение различного вида периферийных модулей реализовано на базе микросхем FPGA семейства ProASIC, отличительной особенностью которых является энергонезависимость интегрированного на кристалле запоминающего устройства. Кроме того, это позволило синтезировать нестандартизированные интерфейсы высокого быстродействия, позволяющие использовать:

- силовые модули с аналоговым, цифровым или дискретным (прямым ШИМ) управлением;
- измерители переменных состояния различного вида;
- дискретные входы / выходы;
- платы расширения.

Дополнительно к КД могут быть подключены клавиатура, дисплей и устройства с интерфейсами типа I<sup>2</sup>C, SPI, UART, USB, CAN и Ethernet.

Для связи с хост-компьютером используется CAN интерфейс.

## **Параметрическая оптимизация полиномиальных регуляторов с использованием нейронных сетей**

Для повышения качества управления сложными системами необходимо применение управляющих устройств повышенного порядка, к которым относятся, в частности, полиномиальные регуляторы (ПР). Однако высокие потенциальные возможности ПР могут быть реализованы только при наличии средств параметрической оптимизации и автоматической настройки.

Автоматическая настройка ПР на объекте управления обычно проводится в реальном масштабе времени, что предъявляет повышенные требования к сходимости и быстродействию применяемых алгоритмов. Вместе с тем, применение численных методов оптимизации, как правило, требует значительного числа итерации и не гарантирует успешного завершения настройки.

С целью минимизации времени настройки ПР предлагается использовать искусственную нейронную сеть (ИНС), содержащую информацию о динамических характеристиках объекта управления. По результатам единственного эксперимента ИНС позволяет идентифицировать систему управления и выдать рекомендации по оптимальной коррекции параметров ПР.

Как показывает анализ, для решения подобных задач целесообразно использовать радиальные ИНС, позволяющие наиболее эффективно проводить классификацию полученных данных. В радиальной ИНС каждый нейрон реагирует на определенный тип характеристики объекта, что облегчает формирование оптимальной структуры сети.

Обучение радиальной ИНС осуществляется на основе обучающей выборки, представляющей собой массив динамических характеристик системы с ПР, полученных путем вариации параметров объекта управления. В процессе обучения проводится поиск оптимальных параметров ИНС с использованием численных методов оптимизации.

Предлагаемый подход был реализован в виде нейросетевого алгоритма настройки двухмассовой электромеханической системы с цифровым ПР. Алгоритм реализует радиальную ИНС, корректирующую параметры ПР на основе переходной характеристики системы. Для формирования обучающей выборки было проведено моделирование системы при вариации переменных параметров объекта управления. Обучение ИНС осуществлялось путем обратного распространения ошибки, с использованием метода Левенберга-Маркварта.

Исследование нейросетевого алгоритма настройки методом моделирования на ЭВМ с регрессионным анализом результатов показало, что погрешность определения оптимальных параметров ПР не превышает 2 %.

УДК 681.511.3

А.Д. ЛОПАТКИН, магистрант, В.В. ТЮТИКОВ, д.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Применение метода линейно-квадратичной оптимизации для синтеза систем управления с заданными показателями качества

Традиционно для синтеза сложных систем автоматического управления (САУ) используется метод модального управления (МУ). Несмотря на очевидные достоинства, метод МУ обладает также рядом недостатков, к числу которых необходимо отнести: проблему потери управляемости объекта, малых постоянных времени и т.д.

Такого рода недостатков лишен метод синтеза регуляторов состояния средствами линейно-квадратичной оптимизации (в иностранной литературе LQR). Для одномерного объекта управления порядка  $n$ , заданного при помощи векторно-матричного уравнения

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u},$$

где  $\mathbf{A}$  – матрица состояния;  $\mathbf{B}$  – матрица входов;  $\mathbf{x}$  – вектор состояния системы;  $\mathbf{u}$  – вектор входов системы, минимизируется функционал вида

$$J = \int (\mathbf{x}^T \cdot \mathbf{Q} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{u} + 2 \cdot \mathbf{x}^T \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{u}) dt.$$

Здесь:  $\mathbf{Q}$ ,  $\mathbf{R}$ ,  $\mathbf{N}$  – квадратные матрицы, размером  $n \times n$ . В основу метода заложено решение матричного уравнения Риккати

$$\mathbf{S} \cdot \mathbf{A} + \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{S} - (\mathbf{S} \cdot \mathbf{B} + \mathbf{N}) \cdot \mathbf{R}^{-1} \cdot (\mathbf{B}^T \cdot \mathbf{S} + \mathbf{N}^T) + \mathbf{Q} = 0.$$

Уравнение регулятора имеет вид

$$\mathbf{K} = \mathbf{B}^T \mathbf{S},$$

где  $\mathbf{S}$  – матрица решения уравнения,  $\mathbf{K}$  – вектор обратных связей.

Используя значения матриц  $\mathbf{Q}$ ,  $\mathbf{R}$  и  $\mathbf{N}$ , можно добиться различных переходных процессов в замкнутой системе.

Для синтеза САУ с заданными показателями качества переходных процессов предложено формировать матрицу  $\mathbf{Q}$  вида

$$\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} a_{11} \cdot w & 0 & \dots & \dots \\ 0 & a_{22} \cdot w^2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & 0 & a_{nn} \cdot w^n \end{bmatrix}.$$

Здесь:  $a_{11} \dots a_{nn}$  – коэффициенты полинома Ньютона порядка  $n$ ;  $w$  – параметр, влияющий на быстродействие синтезируемой САУ. Матрица  $\mathbf{R}$  при этом принимается единичной, а матрица  $\mathbf{N}$  – равной нулю.

Вычислительные эксперименты, проведенные с использованием математических моделей типовых технологических ОУ, подтвердили эффективность предложенного метода при решении задач управления.

## Применение нейросетевых методов для идентификации объектов управления

Современное состояние таких областей науки и техники, как теория автоматического управления, информатика, вычислительная математика и статистика, технология производства микрочипов наряду с постоянно возрастающим уровнем сложности практических задач и ужесточением требований к качеству их решения обусловили появление концептуально новых технических средств – интеллектуальных систем на основе искусственных нейронных сетей. Они позволяют с успехом решать, в частности, проблемы идентификации и управления технологическими объектами. Известны и более традиционные подходы к решению этих проблем, однако они не обладают необходимой гибкостью и имеют существенные ограничения на среду функционирования, в частности, не обладают достаточной степенью толерантности к ошибкам.

Задачу идентификации можно сформулировать как построение модели, прогнозирующей поведение системы в следующий момент времени на основе информации о ее поведении в прошлом.

Традиционные процедуры идентификации ОУ очень подвержены влиянию измерительных ошибок и помех. Нейросетевые методы идентификации, обладая высокой толерантностью к ошибкам, позволяют провести эту процедуру более эффективно. Параметрическая идентификация может проводиться как классическая для теории ИНС задача классификации неизвестного ОУ по его характеристикам, полученным экспериментальным путем, среди характеристик эталонных ОУ с известными параметрами, полученных теоретически. Полученные результаты в дальнейшем могут применяться для проектирования традиционных регуляторов.

В ряде случаев целесообразнее строить нейросетевую модель ОУ. В данном случае ИНС обучается воспроизводить выходные значения реального ОУ. Такой подход может применяться в случае управления нелинейными системами, когда процедура параметрической идентификации малоэффективна. Для решения этой задачи разработано несколько модельных структур, подходящих для описания различных по своим свойствам объектов.

Применение теории ИНС для решения задач автоматического управления позволяет добиться более высокой производительности при управлении нелинейными объектами и в условиях высокой зашумленности сигналов.

### Литература

1. **Методы** робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.
2. **Каллан Р.** Основные концепции нейронных сетей: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

## **Экспериментальный стенд для испытания электроμηχανических систем**

Современные электроμηχανические системы (ЭМС) имеют сложный характер взаимосвязей и являются объектами управления высокого порядка. Поэтому на этапе синтеза используют упрощение математической модели, пренебрегают наличием упругих кинематических связей, зазоров, различного рода возмущающих воздействий.

В этих условиях актуальным является физическое моделирование, которое позволяет имитировать условия эксплуатации на реальном объекте и учесть факторы, которые затруднительно или зачастую невозможно учесть при проектировании.

Для исследования ЭМС различной степени сложности был разработан экспериментальный стенд. К основным функциональным возможностям механической части стенда следует отнести:

- организацию различных вариантов построения многодвигательных электроμηχανических систем;
- регулирование распределения нагрузки между электродвигателями (ЭД) при работе на общую массу;
- изменение жесткости, соотношения масс, моментов инерции, наличия и величины зазоров в механических передачах.

Силовая часть электропривода (ЭП) стенда выполнена на базе асинхронных ЭД различной мощности и цифровых преобразователей частоты с прямым ШИМ-управлением. Система управления (СУ) ЭП построена на специализированном микропроцессорном контроллере движения, встроенном в персональный компьютер, оснащенный специальным программным обеспечением, которое позволяет:

- измерять и регистрировать основные переменные состояния ЭП, такие как напряжение, ток, скорость, угловое положение валов ЭД и рабочих органов;
- модифицировать структуру регуляторов, настраивать их параметры, формировать новые алгоритмы управления;
- производить обмен цифровыми сигналами с устройствами электроавтоматики;
- группировать ЭД в одну или несколько координатных систем при взаимосвязанном управлении.

На разработанном стенде проведены испытания СУ электроμηχανическим торсионном, системы ЧПУ «Интеграл» с имитацией основных узлов обрабатывающих станков, настройка силовых преобразователей и параметров ПИД-регуляторов электроприводов, отладка фоновых PLC-программ, а также программ технологической обработки.



УДК 681.511.4

Л.Г. КОПЫЛОВА, ассистент, Н.Г. КНЯЗЕВА, студентка,  
С.В. ТАРАРЫКИН, д.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Управление электромеханическими системами с учетом ограничения координат состояния**

Повышение технологических требований к динамическим и точностным показателям электромеханических систем (ЭМС) требует использования при их синтезе более сложных управляющих устройств.

Возможности электродвигателя, выбранного для конкретной ЭМС, ограничены его мощностью. Поэтому в переходных режимах работы значения координат системы (применительно к электроприводам – значения тока и момента) могут оказаться недопустимыми.

Электромеханические системы работают в двух основных режимах: отработки изменений управляющего воздействия или парирования произвольных возмущений, при реакции на которые в системах возникают соответствующие переходные процессы.

Для ограничения координат состояния в переходных режимах предлагаются различные структурные решения.

Так при использовании подчиненного регулирования координат проблема ограничения переменных решается путем применения нелинейных элементов типа «насыщение» в каждом из контуров.

Применяются структуры, в которых в основной контур управления или в несколько контуров вводятся нелинейные элементы типа «насыщение». Однако, такое решение проблемы неприемлемо для ЭМС, описываемых дифференциальными уравнениями высокого порядка.

При создании систем управления электроприводами достаточно широко используется структура с суммирующим усилителем, где для обеспечения ограничений координат применяют нелинейные элементы типа «зона нечувствительности». Если одна из ограничиваемых переменных в значительной мере определяет значения других, то нелинейный элемент вводят в обратную связь только по одной координате.

Поскольку ЭМС с регулятором состояния можно отнести к структуре с суммирующим усилителем, то проблема ограничения может быть решена для нее с помощью комбинированного управления, основанного на использовании задатчика интенсивности (ЗИ) и контура токовой отсечки (ТО). При этом ЗИ обеспечивает необходимое качество процессов при изменении задающего воздействия, а контур ТО, содержащий кроме нелинейного элемента корректирующее звено, позволяет улучшить динамические характеристики ЭМС при отработке возмущающего воздействия типа момента сопротивления на валу двигателя.

Результаты компьютерного моделирования подтверждают существенное улучшение качества процессов управления во всех исследуемых режимах работы системы.

УДК 621.3.049.774.3  
УДК 004.94

С.А. ШИРЯЕВА, магистрант, В.А. ИВАНКОВ, инженер  
(ИГЭУ)

## **Система управления с электромеханической выборкой зазора на основе регуляторов состояния**

Построение систем управления (СУ) промышленными механизмами с наличием зазоров и упругих звеньев в кинематических цепях на основе подчиненного регулирования координат не всегда позволяет обеспечить качественные показатели. В этом случае, рационально использовать принцип модального управления движением исполнительного органа (ИО) по полному вектору координат состояния с применением безынерционных обратных связей.

Для компенсации влияния зазора в механических передачах целесообразно использовать двухдвигательную систему, в которой два электропривода (ЭП) работают согласованно: один из ЭП постоянно формирует положительный момент, а другой ЭП – отрицательный. В зависимости от направления перемещения общей массы их двигательные и подтормаживающие функции переключаются, обеспечивая в кинематической цепи постоянный «распор».

При синтезе СУ формируют контуры момента и скорости с регуляторами состояния (РС), настроенными на распределение полюсов характеристического полинома передаточной функции по Ньютону. При этом темп формирования управляющего воздействия по скорости устанавливается в 2 раза ниже темпа управляющего воздействия в контуре момента.

Реализация СУ возможна в двух вариантах: с отдельными регуляторами скорости ИО и с общим суммирующим РС. По результатам моделирования были выделены характерные особенности их работы, ограничивающие область использования каждого из вариантов.

Система с отдельными регуляторами скорости дает возможность независимой настройки обоих каналов управления. Однако при двукратном и большем различии параметров обоих ЭП (моментов инерции двигателей, величин зазоров и т.п.) происходит резкое ухудшение качества управления вследствие нарушения логики переключения функций ЭП. Кроме того, система с данной структурой критична к разнице быстродействия контуров управления по моменту и по скорости.

Система с общим суммирующим регулятором скорости обеспечивает качественное управление системой как с идентичными параметрами ЭП, так и с отличающимися в несколько раз. Кроме того, качество регулирования в малой степени зависит от разницы динамики формирования воздействий по моменту и по скорости. Однако в случае разницы параметров электроприводов при синтезе данной структуры требуется эмпирическая настройка общего регулятора скорости только на один из каналов управления, что усложняет процедуру синтеза СУ.

УДК 681.3; 681.2

А.П. ШЕЛЯКИН, аспирант, С.В. ТАРАРЫКИН, д.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Динамическая модель системы управления двухнасосной станцией**

В настоящее время в сфере тепловодоснабжения сложилась устойчивая тенденция применения насосных агрегатов с регулируемым электроприводом, выполняемым обычно по схеме «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ – АД) и позволяющим обеспечить существенную экономию электроэнергии, воды, тепла и повышение эксплуатационного ресурса оборудования в сравнении с дроссельным управлением параметрами магистрали.

Актуальной является задача создания рациональных динамических моделей систем управления многодвигательными насосными установками, отражающих основные особенности функционирования гидромагистрали и насосных исполнительных устройств, эффекты взаимодействия насосов при включении на общую нагрузку, влияние наиболее значимых нелинейных факторов и т.п., в разнообразных стационарных и переходных режимах работы.

При составлении расчетной динамической модели гидравлической системы, способной отразить основные особенности ее работы, предлагается использовать метод физических аналогий. На основе функциональной схемы наиболее типичной двухдвигательной насосной станции, обслуживающей закрытую систему тепловодоснабжения, и с использованием метода аналогий составляется расчетная электрическая схема исследуемой двухнасосной станции. На базе метода контурных токов записывается исходная система уравнений, по которой в свою очередь разрабатывается искомая структурная схема (линейная динамическая модель) насосной станции.

Удобство полученной модели состоит в том, что она содержит минимально необходимый (для поставленной задачи) набор внутренних параметров, которые легко интерпретируются для гидравлической сети и достаточно просто определяются либо по паспортным данным насосных агрегатов и усредненным размерам гидромагистрали, либо по результатам несложных экспериментов на объекте, представленных, например, в виде его переходных характеристик.

Следует отметить, что при необходимости разработанная структура может быть детализирована путем моделирования магистрали звеньями более высокого порядка, а также использована для представления процессов открытого водоразбора путем согласованного внешнего воздействия на расходы обоих гидравлических каналов. Модель легко трансформируется для моделирования работы станций с числом насосов, большим двух.

## **Обучение студентов аналоговой схемотехнике на примере микросхем FPAА фирмы ANADIGM**

Кафедра Электроники и микропроцессорных систем ИГЭУ при изучении основ аналоговой схемотехники использует возможности, предоставляемые стартовым комплектом AN 221 D 04, выпускаемым фирмой ANADIGM. Приобретенный комплект, построенный на базе микросхемы AN 221 E 04, позволяет во время лабораторного практикума по дисциплине «Электронные цепи и микросхемотехника» исследовать такие аналоговые устройства, как усилитель с управляемым напряжением коэффициентом усиления, усилитель с коммутацией входов, усилитель выборки-хранения, усилитель с контролем полярности, трансимпедансный усилитель. Можно анализировать свойства цифрового потенциометра, активных билинейных и биквадратных фильтров, в том числе ультранизких частот, перемножителя и вычислителя квадратного корня, линеаризатора нелинейных функций, интегратора, дифференциатора, сумматора, ПИД-регулятора, генератора сигналов, АЦП последовательного приближения.

Создание сложного устройства обработки аналоговой информации из нескольких элементов библиотеки начинается с постановки задачи, разработки технического задания, знакомства с возможностями микросхемы AN 221 E 04 и пакетом прикладных программ Anadigm Designer. Студенты изучают состав стартового комплекта, принципиальные схемы разработанных на кафедре плат сопряжения с периферийными устройствами, условия электрической совместимости отдельных блоков.

По заданию преподавателя разрабатывается схема, проводится моделирование и отладка, а затем – запись проекта в кристалл. После этого осуществляется проверка правильности функционирования разработки на макетной плате с привлечением устройств сопряжения и выбранной периферии.

Доступность многократного программирования, удобство пакета, автоматическое внутрисхемное решение проблем разводки, присутствие в алгоритме этапа макетирования позволяют сделать вывод о перспективности использования микросхем FPAА при создании сложных электронных узлов. А это, в свою очередь, требует обязательного включения основ проектирования подобных устройств в учебные планы дисциплин направления «Электроника и микроэлектроника».

## **Моделирование процессов получения биогаза**

Исчерпание запасов нефти и газа, рост их стоимости, ведут к тому, что во всём мире серьёзное внимание уделяется нетрадиционным источникам энергии. Особое место среди таких источников энергии занимает так называемый «биогаз». Он получается, например, при помощи анаэробных технологий, путём ферментации микроорганизмами органической биомассы с выделением метана и углекислого газа. Современные биотехнологии позволяют получать биогаз как из твёрдой, так и жидкой органической массы, например, из сточных вод.

Процесс ферментации осуществляется в газогенераторных установках различной конструкции, основным элементом которых является ёмкость — метантенк, заполняемая органической биомассой. Для эффективного газовыделения биомассу необходимо подвергать определенной обработке.

С целью разработки структуры системы управления газогенераторной установкой и алгоритмов управления при помощи современных средств автоматизации были разработаны структурные динамические модели процесса получения биогаза из органической биомассы.

Известно, что основными факторами, влияющими на выход биогаза, являются объём биомассы и её температура, которую, в свою очередь, необходимо поддерживать в пределах от +54°С до +56°С. С учетом этого, на базе программного комплекса MATLAB была разработана обобщённая модель газогенераторной установки, включающая следующие структурные динамические модели:

- процесса управления нагревом биомассы;
- системы управления уровнем и объёмом биомассы;
- процесса теплового возмущения при замене биомассы.

Разработанные сабблоки процессов объединены в структурную динамическую модель газогенераторной установки, позволяющую моделировать основные режимы её работы.

Результаты моделирования хорошо согласуются с известными практическими данными, полученными в реальных газогенераторах для переработки биомассы. Это позволяет использовать разработанные модели для оптимизации процессов получения биогаза, применив для управления ими средства микропроцессорной техники.

УДК 62-52

Е.В. КРАСИЛЬНИКЪЯНЦ, к.т.н., с.н.с., В.В. ЕЛЬНИКОВСКИЙ, студент  
(ИГЭУ)

## Разработка контроллера движения

При создании систем управления движением необходимо учитывать набор требований, предъявляемый к их исполнению. К ним относятся высокое быстродействие и точность производимых вычислений, работа в режиме «жесткого» реального времени, широкий набор измерительных и исполнительных устройств, реализация сложных алгоритмов управления.

Эффективно решить задачу по реализации указанных требований можно путем создания специализированного контроллера движения (КД), обеспечивающего:

- одновременное координированное управление осями (до 8) в позиционном и скоростном режимах;
- поддержку разного типа приводов, датчиков и измерителей;
- наличие развитого системного и прикладного программного обеспечения;
- планирование и генерацию сложных траекторий движения, решение задач прямой и инверсной кинематики;
- выполнение задач управления логики;
- гибкий интерфейс обмена данными, в том числе и по стандарту OLE/OPC;
- масштабируемость и открытость архитектуры.

Исходя из этого, предложены следующие принципы построения КД. Аппаратная часть контроллера строится по модульному принципу. Основу составляет ядро, содержащее высокопроизводительный микропроцессор, память и шину обмена данными, на которой размещен набор стандартных интерфейсов. К ядру подключаются модули, поддерживающие работу с датчиками, приводами, электроавтоматикой и другой периферией. При этом открытость интерфейса позволяет пользователю разрабатывать и подключать свои модули.

Программная часть, абстрагированная от низкоуровневого программирования, позволяет решать непосредственно задачи управления. Контроллер, используя механизм разделения задач по приоритету выполнения, реализует элементы операционной системы реального времени. Большой объем и организация памяти позволяют эффективно создавать и хранить сложные алгоритмы, задающие траектории движения, а специальный механизм ссылок дает возможность использовать программные циклы.

Примененный подход ориентирован на пользователя, обеспечивает быструю конфигурацию и настройку контроллера, и тем самым расширяет круг решаемых им задач.

## **Требования к программному обеспечению контроллера движения**

При решении задач управления с использованием микропроцессорных систем требуется разработка и реализация алгоритмов работы и взаимодействия пользователя с объектом управления. Для их осуществления необходимо соответствующее программное обеспечение, которое бы предоставляло требуемую функциональность.

В системах, связанных с управлением движением, решаются задачи двух основных классов: логическое управление и собственно управление движением. Каждый из них требует создания соответствующей подсистемы, предоставляющей пользователю необходимые возможности для проектирования и реализации алгоритмов.

Подсистема логического управления необходима для выполнения программ, предназначенных для наблюдения за состоянием системы, установкой взаимодействия между отдельными ее компонентами и выполнения прочих процессов, не связанных с движением. Пользователю должны предоставляться средства для управления переменными состояния системы, ведения математических расчетов, и взаимодействия с аппаратной частью посредством логических сигналов и их комбинаций. Для создания пользовательских алгоритмов потребуются использование таких управляющих структур как ветвления и циклы, а в некоторых случаях целесообразным может оказаться применение объектно-ориентированного программирования.

Подсистема управления движением предназначена для осуществления задач, связанных с процессами движения, заданными в программе с использованием predetermined примитивов и ранее разработанных пользователем подпрограмм. В зависимости от предназначения контроллера движения они могут быть связаны как с реальным перемещением объектов в пространстве, так и с изменением некоторых физических величин и переменных в системе без перемещения. Для нормальной работы программ пользователя система должна предоставлять возможности для задания вида и параметров движения, определения их временных характеристик и вызова существующих подпрограмм.

В соответствии с принципом открытой архитектуры пользователь должен иметь возможность самостоятельно изменять и создавать собственные программы и алгоритмы работы системы в соответствии с его потребностями. Ограничения могут накладываться лишь на работу с компонентами, которые являются критически важными для нормального функционирования системы в целом.

УДК 621.391

А.П. БУРКОВ, к.т.н., с.н.с., В.Г. КОМИН, к.т.н., доцент,  
Е.В. КРАСИЛЬНИКЪЯНЦ, к.т.н., с.н.с.  
(ИГЭУ)

## **Промышленная цифровая камера для систем технического зрения с интегрированным ARM процессором**

Системы технического зрения (СТЗ) находят сегодня широкое применение в различных отраслях промышленности. Данная тенденция обусловлена возрастающими требованиями к качеству выпускаемой продукции и снижению её себестоимости [1].

Ключевым элементом каждой СТЗ является цифровая камера, которая определяет основные характеристики системы. Изображение, полученное камерой, передается персональному компьютеру (ПК), где специализированным программным обеспечением отдельно выполняется его последующая обработка, анализ и формирование управляющих сигналов. Такая двухступенчатая схема приводит к трудностям адаптации существующих на рынке промышленных цифровых камер к специфике конкретного производства.

Включение непосредственно в цифровую камеру ARM процессора, способного выполнять функции обработки, анализа изображения и формирования управляющих сигналов позволяет расширить области использования и возможности СТЗ, встраивать СТЗ в уже имеющиеся системы автоматизации, сократить число элементов СТЗ и повысить её быстродействие.

Действующий образец промышленной цифровой камеры с интегрированным ARM процессором создан на базе цифровой матричной ПЗС камеры и ARM процессора фирмы Philips семейства LPC2XXX [2]. Программное обеспечение для процессора разработано в интегрированной среде «Keil  $\mu$ Vision» с использованием компилятора GCC на объектно-ориентированном языке высокого уровня C++.

Промышленная цифровая камера для систем технического зрения с интегрированным ARM процессором представляет собой аппаратно-программный комплекс с открытой расширяемой архитектурой – законченное решение для систем технического зрения.

### **Литература**

1. **Бурков А.П.**, Комин В.Г., Красильникъянц Е.В. Принципы построения систем машинного зрения: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. «XII Бенардосовские чтения». – Иваново, 2005. – С. 12.
2. **Martin T.** The Insider's Guide To The Philips ARM7-Based Microcontrollers. – Hitex (UK) Ltd, 2005.



## **Лабораторный стенд по исследованию электрооборудования автомобиля с инжекторным впрыском**

Автомобильная электроника все шире внедряется в современные автомобили, обеспечивая как повышенный сервис управления, так и возможность вводить все более жесткие стандарты по токсичности выбросов. В дорогих автомобилях число микропроцессорных систем доходит до нескольких десятков.

Наиболее сложная система – система управления инжекторным впрыском. В систему входит много датчиков и исполнительных устройств, обеспечивающих надежную работу двигателя даже при частичном отказе оборудования. Такое устройство является перспективным для исследования в лабораторном практикуме как пример применения микропроцессорной системы для управления сложным объектом. Однако для нормальной работы оборудования на стенде требуется имитация физических процессов двигателя.

Наиболее интересными объектами для исследования являются датчик массового расхода воздуха, датчик детонации, а так же алгоритм работы контроллера управления.

В большинстве современных автомобилей управление осуществляется изменением объема воздуха, поступившего в камеру сгорания. Объем измеряется датчиком массового расхода воздуха, регулируется дроссельной заслонкой (педаль газа) и регулятором дополнительного воздуха. Для имитации канала расхода воздуха в стенде установлен нагнетающий вентилятор, заслонка и соответствующие воздуховоды.

Для имитации вращения коленвала системы создана модель двигателя, адекватно отображающая реальный двигатель. Модель реализована на микропроцессоре MSP430 и позволяет на основе циклового наполнения, определяемого по времени включения форсунок рассчитывать частоту вращения коленвала моделируемого двигателя. При этом на стенде возможны два режима работы: микропроцессор управляет электродвигателем, на валу которого устанавливается датчик положения коленвала, или микропроцессор сам имитирует сигналы датчика положения коленвала. На стенде можно задавать величину нагрузки на двигатель.

Для исследования работы датчика детонации разработан специальный генератор колебаний, имитирующий ударные нагрузки в цилиндрах.

С помощью стенда и программы обмена с контроллером управления можно контролировать реализацию различных режимов двигателя.

ля и влияние настроек. В стенде предусмотрены выключатели, имитирующие неисправность различных датчиков.

УДК 621. 083

В.Н. ЕГОРОВ, к.т.н., доцент, Р.Н. РАССКАЗЧИКОВ, студент  
(ИГЭУ)

## **Микропроцессорная система управления для автотренажера**

Одним из путей повышения эффективности подготовки водителей автотранспортных средств, является применение автотренажеров, которые создают у обучаемого ощущения, подобные тем, что возникают при управлении реальным транспортным средством. Подобные тренажеры позволяют существенно снизить затраты на обучение и вредное воздействие на окружающую среду.

Вопросам разработки автотренажеров всегда уделялось большое внимание. Но только с появлением современных средств электроники удаётся разрабатывать симуляторы, которые создают у пользователя ощущения, близкие к процессу управления реальным транспортным средством. И такие автотренажеры сложны и дороги. Более простыми и дешёвыми являются игровые варианты подобных устройств, но они не предназначены для обучения. Поэтому, задача разработки простых, надёжных, недорогих и в тоже время эффективных автотренажеров является актуальной.

Основой предлагаемой разработки является автоматизированный электропривод постоянного тока с силовым ШИМ – преобразователем и микропроцессорной системой управления. Электропривод соединён с механической системой, имитирующей рулевое управление и педали «газ» и «тормоз» автомобиля.

В качестве основы системы управления данной электромеханической системой был выбран микроконтроллер PHILIPS LPS 2144, который на основе информации от фотоимпульсных датчиков, контролирующей положение рулевого колеса и педалей, управляет работой электропривода. Через интерфейс USB информация от микроконтроллера передаётся персональному компьютеру, который на мониторе воспроизводит приборную панель автомобиля и имитирует вид местности с места водителя.

Разработанная микропроцессорная система управления для автотренажера сравнительно проста. Она легко программируется и перенастраивается для моделирования движения на различных транспортных средствах, в разных погодных и дорожных условиях. Это позволит применять тренажер для дополнительных к основной программе обучения тренировок.

УДК 681.51.001.66

А.В. СИДОРЕНКО, аспирант, А.И. ТЕРЕХОВ, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Многоуровневая система управления вязальным автоматом**

В современных плосковязальных автоматах иглы приводятся в движение механическими замками петлеобразующих систем, монтируемых на подвижной каретке.

Применение линейных электродвигателей в качестве индивидуальных приводов для трикотажных игл позволит избавиться от замковых механизмов, что существенно повысит производительность плосковязальных автоматов, а также увеличит их технологические возможности.

В данной работе предлагаются общие принципы построения микропроцессорной системы управления (СУ) вязальным автоматом с индивидуальным приводом для каждой иглы.

Создание такой системы затруднено большим количеством каналов управления, равным числу игл вязальной машины, которое в большинстве случаев превышает 1000. Для решения данной задачи предлагается построить многоуровневую СУ с использованием возможностей микросхем FPGA для управления большим количеством каналов.

На верхнем уровне СУ находится центральный процессор, ответственный за выполнение программы вязания и обеспечение работы машины в целом. Средний уровень управления состоит из СУ блоком вязания, СУ нитеводами и СУ оттяжкой, которые в свою очередь включают в себя СУ отдельными приводами.

СУ блоком вязания и СУ нитеводами выполняют схожие функции и отвечают за:

- формирование задания для системы управления приводом активной иглы (нитевода) в соответствии с программой;
- синхронизацию движения соседних активных игл (нитеводов);
- синхронизацию движения нитеводов и игл.

Функции систем управления отдельными линейными приводами игл и нитеводов также схожи и заключаются в следующем:

- обеспечение требуемого закона движения иглы (нитевода) в соответствии с заданием;
- формирование сигнала положения иглы (нитевода);
- формирование сигнала неисправности.

Система контроля оттяжки управляет приводами барабанов главной и вспомогательной оттяжек, а также приводом гребенки.

Таким образом, распределение функций между несколькими уровнями позволит эффективно управлять большим количеством каналов.

УДК 681.325.5:681.576

С.В. АНИСИМОВ, аспирант, А.И. ТЕРЕХОВ, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Выбор и исследование регулятора линейной плотности текстильной ленты**

При разработке системы автоматического управления (САУ) выравниванием текстильной ленты остро встает проблема выбора регулятора, который должен обеспечивать высокие динамические показатели. Кроме этого необходимо, чтобы регулятор, работающий при стохастическом воздействии, был способен выравнивать как коротковолновую, так и длинноволновую неровноту полуфабриката.

Исследование системы управления желательно провести с использованием переменного входного воздействия, имеющего заданную корреляционную функцию (КФ). Вид корреляционной функции и основные частоты, присутствующие в сигнале были получены на основе натурального эксперимента с чесальной лентой при помощи спектрометра фирмы «Устер». Для моделирования использовалась программа синтеза, позволяющая перейти от КФ непосредственно к временной характеристике. Подача синтезированного сигнала на вход модели системы управления позволяет снять временную зависимость выходной неровноты с последующим построением КФ выходной плотности.

Для выбора структуры САУ был проведен синтез ПИ- и полиномиального регуляторов, исследование которых с использованием модуля Simulink программного комплекса Matlab показало незначительное снижение длинноволновой неровноты.

Была предложена идея использования САУ комбинированного типа с релейным и одним из вышеназванных регуляторов [1]. Датчик плотности релейного регулятора устанавливается на входе системы, а сам регулятор работает следующим образом. Если неровнота ленты выходит за predetermined значения, система резко изменяет скорость вращения вытяжных цилиндров и снижает неровноту. Если же неровнота ленты находится в допустимых пределах, работает только второй регулятор. Использование комбинированного регулятора позволило в машинном эксперименте добиться существенного снижения длинноволновой неровноты.

Реализация регулятора планируется на ПЛИС фирмы Altera, что обеспечивает высокое быстродействие и простоту процесса проектирования.

### **Литература**

1. **А.с. 981470 СССР, МКИ D01 H5/38.** Регулятор с переменной структурой линейной плотности ленты.

УДК 621.37/.39

Е.П. ИВЛИЧЕВ, магистрант, А.И. ТЕРЕХОВ, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Реализация ультразвукового датчика скорости движения жидкости с использованием возможностей микросхем FPAА**

Ультразвуковой датчик, построенный на эффекте Допплера, позволяет измерять с высокой точностью скорость движения жидких сред в системах водоснабжения промышленных объектов, при обследовании системы кровообращения организма человека. Достоинство такого метода измерения состоит в том, что измерительная процедура не требует врезки в существующую систему подачи жидкости, не искажает форму потока и обеспечивает высокое разрешение.

Электронный блок обработки сигналов первичного элемента должен содержать генератор синусоидальных колебаний, приемник ультразвука на основе кварцевого резонатора, усилитель, смеситель, фильтр низких частот. Схема требует создания узлов подстройки, настраивающих генератор на частоту резонанса датчика и регулирующих излучаемую мощность;

Такая система, реализованная на дискретной элементной базе, требует решения вопросов электромагнитной совместимости. При проектировании печатной платы необходимо согласовать по уровню все компоненты, минимизировать количество и длину линий связи между компонентами, исключить влияние наводок.

Для реализации блоков датчика предлагается использовать микросхемы FPAА, применение которых значительно ускоряет процесс проектирования, улучшает электромагнитную совместимость, исключает трудоемкий этап макетирования.

На примере программы AnadigmDesigner 2.0 был произведен синтез фильтра низких частот, построенного с помощью микросхемы AN 221 E 04. В процессе создания проведено моделирование устройства, отладка программной модели и запись ее параметров во встраиваемую память SRAM микросхемы Anadigm.

Проверка работоспособности фильтра проводилась с применением стартового комплекта AN 221 D 04 и показала полное соответствие амплитудно-частотной и фазовой частотной характеристик техническому заданию.

Использование микросхемы FPAА, содержащей большее количество элементов и более сложную структуру, позволит выполнить по данной технологии практически все элементы структурной схемы датчика, что значительно упростит вопросы дальнейшего изготовления и усовершенствования устройства.

## **Система управления газогенераторной установкой**

Газогенераторная установка предназначена для получения биогаза из органической биомассы и представляет собой ёмкость (метантенк) с системой подводящих и отводящих трубопроводов, электронагревателем и датчиками технологических параметров. Основными факторами, влияющими на выход биогаза, являются: объём и температура биомассы, концентрации газов, влажность газовой смеси. Биомассе необходимо периодически перемешивать и заменять.

Для управления процессом получения биогаза в газогенераторной установке с цилиндрической ёмкостью был разработан вариант микропроцессорной системы управления, позволяющей практически полностью автоматизировать работу газогенератора.

Разработанная система управления предназначена для:

- контроля и регулирования температуры биомассы в заданном интервале;
- контроля влажности и концентрации биогаза;
- регулирования объёма биомассы в метантенке и замены её при снижении выхода биогаза из-за «старения» органической массы.

Система управления газогенератором с биотопливом построена на микроконтроллере, а также включает два датчика температуры, датчик уровня биомассы, датчик концентрации биогаза, датчик влажности, датчик расхода биогаза, два регулируемых ТЭНа, подающий и откачивающий насосы.

В качестве основы разработки выбран микроконтроллер смешенного сигнала MSPF149 фирмы Texas Instruments на базе 16-разрядного RISC-процессора. Данный микроконтроллер имеет 12-разрядный АЦП на 8 каналов, память программ на 64 Кбайт, 2 Кбайт ОЗУ. В состав системы управления газогенераторной установкой входят тиристорные регуляторы напряжения, индикаторная панель, интерфейс USB и блок клавиатуры.

Разработанная система управления процессом выработки биогаза из органической биомассы может быть применена, например, для газогенераторной установки с рабочей ёмкостью объёмом 10 м<sup>3</sup>, что позволит обеспечить газом в условиях сельской местности семью из пяти человек.

## **Влияние толщины рабочего тела и величины воздушного зазора на тяговое усилие линейного асинхронного двигателя**

В работе исследуется влияние ряда конструктивных параметров асинхронного электромеханического преобразователя или линейного асинхронного двигателя (ЛАД) на усилие, развиваемое машиной.

Тяговое усилие ЛАД определяется механической характеристикой и может быть рассчитано по методике, представленной в [1]. Аналитические выражения механической характеристики, предложенные в указанной работе, дают возможность исследовать влияние различных параметров машины на развиваемое усилие. В настоящей работе рассматривается влияние двух важнейших величин, определяющих параметры вторичной системы.

*Воздушный зазор  $\delta$ .* Изменение воздушного зазора приводит к изменению как критического скольжения, так и критического усилия механической характеристики. Анализ показывает, что увеличение воздушного зазора приводит к росту критического скольжения, однако при сильном увеличении зазора следует учитывать, что, начиная с некоторого его значения, половины двустороннего индуктора практически теряют магнитную связь между собой. При значительном увеличении  $\delta$  происходит качественное изменение картины магнитного поля в зазоре машины. Критическое усилие как функция воздушного зазора имеет максимум.

*Толщина рабочего тела  $\Delta$ .* Изменение толщины рабочего тела в пределах постоянного воздушного зазора приводит к изменению параметров схемы замещения ЛАД, определяющих вторичную систему, что обуславливает изменение критического скольжения. Путем преобразования уравнения механической характеристики [1] может быть получено аналитическое выражение, определяющее зависимость усилия от толщины рабочего тела. Дифференцируя полученное выражение по  $\Delta$  и приравнявая производную нулю, определяют значение  $\Delta_k$  при котором усилие достигает максимума:

$$\Delta_k = s_{к,б} \Delta_б / s ;$$

где  $\Delta_б$  – базисная толщина рабочего тела;  $s_{к,б}$  – критическое скольжение, соответствующее базисной толщине;  $s$  – скольжение.

### **Литература**

1. **Дьяков В.И.**, Фролов А.Н. Расчет и анализ статических механических характеристик линейных асинхронных двигателей // Электричество. – 1978. – № 12.



УДК 621.357.7

В.Л. КОТОВ, к.т.н., доцент, Н.Ю. КАРАБИНОВА, к.т.н., ст. преподаватель,  
А.К. КРИВЦОВ, д.т.н., профессор  
(ИГХТУ)

## Электроосаждение легкоплавкого припоя олово-кадмий

Сплавы олово-кадмий эвтектического состава широко применяются в радиотехнической промышленности и приборостроении в качестве легкоплавкого припоя. Известные кислые электролиты для осаждения этих сплавов на основе солей  $\text{Sn}^{2+}$ , наряду с агрессивностью и токсичностью, нестабильны во времени. Имеются сведения об успешном соосаждении олова с индием и селеном из кислых электролитов на основе солей  $\text{Sn}^{4+}$ . В работе использовался электролит следующего состава (г/л):  $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 100,  $\text{CdCl}_2$  – 60, гидрат лимонной кислоты – 60, pH – 0,41. Электроосаждение сплава проводилось как постоянным, так и периодическим током промышленной частоты, полученным из полупериода синусоиды путем выпрямления с отсечкой. Увеличение плотности тока при всех исследованных режимах электролиза и для всех составов электролитов приводит к увеличению процентного содержания кадмия в сплаве. Зависимости содержания кадмия в сплаве от плотности тока, полученные при электролизе постоянным или периодическим током идентичны.

Содержание кадмия в сплаве возрастает от 3 до 38 % в диапазоне плотностей тока 1-3  $\text{А/дм}^2$  при постоянном токе от 12 до 50 % в том же диапазоне при электролизе периодическим током с длительностью импульса 0,01 с. Выход по току олова практически не изменяется и остается на уровне 64-66 %, а кадмия увеличивается от 7 до 22 %. Изменение соотношения концентраций катионов, разряжающихся на катоде, приводит к существенному изменению состава сплава. В случае, когда в составе электролита концентрация ионов  $\text{Sn}^{4+}$ , по сравнению с концентрацией  $\text{Cd}^{2+}$  больше, содержание кадмия в сплаве минимально. С увеличением в составе электролита концентрации хлорида кадмия процент кадмия в составе сплава также растет. Зависимости процентного содержания кадмия в сплаве от соотношения концентраций катионов металлов в электролите при электролизе постоянным или периодическим током аналогичны и близки к линейным. Наибольшее содержание кадмия в сплаве можно получить при электролизе периодическим током с длительностью импульса 0,01 с и при соотношении концентраций  $\text{Cd}^{2+}$  и  $\text{Sn}^{4+}$  равном 2,4.

Повышение температуры электролита приводит к снижению содержания кадмия в сплаве.

Уменьшение кислотности электролиза до pH больше 1,5 недопустимо, т.к. это приводит к ухудшению качества сплава и выходу электролита из строя.

УДК 621.391.26

Б.П. СИЛУЯНОВ, к.т.н., профессор, Д.Б. СИЛУЯНОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **К выбору метода определения концентрации ионов водорода**

Показатель концентрации ионов водорода (рН) теплоносителя на ТЭЦ является основной характеристикой. Недостаток существующих рН-метров – низкое быстродействие. Если через раствор пропустить несинусоидальный ток от источника с большим внутренним сопротивлением, то напряжение на выходе источника при изменении рН раствора изменится как амплитуда, так и спектр сигнала.

В докладе рассмотрен анализ следующих методов определения рН растворов:

- по среднему (стандартному) отклонению исследуемого сигнала относительно эталонного;

- по числовым параметрам сигнала датчика (энергии, средней и среднеквадратичной мощности);

- по разложению сигнала датчика на спектральные составляющие, используя Фурье преобразование;

- используя метод MUSIC, который производит не расчет спектра, а определяет частоты и амплитуды гармонических составляющих;

- используя метод EV, который порождает меньше ложных спектральных пиков, и лучше передает высокочастотную составляющую сигнала датчика;

- рассмотрены методы непараметрического спектрального анализа сигнала датчика: вычисление мгновенного спектра сигнала, вычисление спектральной плотности мощности одной реализации сигнала и оценка спектральной плотности мощности сигнала датчика методом усреднения модифицированных периодограмм (метод Уэлча);

- используя вейвлет-анализ.

Коэффициенты Фурье анализируют сигнал датчика за период. Вейвлет-анализ позволяет обработать локальные изменения сигнала датчика. В докладе рассмотрены следующие функции одномерного вейвлет-анализа сигнала датчика рН-метра:

- многоуровневое одномерное вейвлет-разложение;

- вычисление аппроксимирующих коэффициентов 1D сигнала датчика;

- непрерывное вейвлет-разложение с гауссовым вейвлетом  $gaus1$ ;

- многоуровневый анализ сигнала путем его разложения, используя вейвлет Добеши  $db4$ ;

- формирование количественных характеристик компонентов сигнала  $ScD1$ ,  $ScD2$ , и  $ScD3$  по вейвлет-коэффициентам  $cD1$ ,  $cD2$ , и  $cD3$ .

УДК 621.319.7.001.2

А.В. ВОЛКОВ, к.т.н., ст. преподаватель, А.И. КРАСНУШКИН, инженер  
(ИГЭУ)

## **Создание специализированных лабораторных практикумов на основе современных интерактивных технологий**

Современные информационные технологии предоставляют широкие возможности для создания и развития новых средств и способов обучения. Одной из важнейших и наиболее сложных задач является разработка компьютерных лабораторных практикумов с применением новых интерактивных технологий.

Традиционно в учебных лабораториях использовались, в основном, классические измерительные приборы и системы. В настоящее время просматривается устойчивая тенденция применения в учебных целях компьютерных средств измерений, созданных с использованием технологии виртуальных приборов (ВП). ВП в учебной лаборатории – это средство измерений, представляющее собой, как правило, персональный компьютер, снабженный специальным программным обеспечением и различными измерительными модулями. ВП позволяет автоматизировать операции по сбору, обработке и представлению измеренной информации, имеет удобный пользовательский интерфейс, а так же обеспечивает представление результатов на экране монитора в удобной для пользователя форме.

При создании лабораторных практикумов использованы современные технологии на базе единой учебной станции виртуальных приборов. В ее состав входит: многофункциональная плата аналогового и цифрового ввода-вывода PCI-6024E, макетная плата, служащая для натурального моделирования электрических цепей и устройств, лабораторная станция, предназначенная для согласования сигналов с устройств, а также содержащая в себе ряд дополнительных устройств, источники постоянного напряжения, встроенный генератор стандартных сигналов, мультиметр и осциллограф.

Созданные практикумы ориентированы на электротехнические дисциплины, предполагающие выполнение лабораторных работ и курсовых проектов, изучение характеристик основных аналоговых полупроводниковых приборов и устройств на их основе, а также элементной базы цифровых устройств. По мере накопления опыта применения интерактивных технологий предполагается расширить спектр выполняемых работ, развивающих навыки присущие разработчику современных микропроцессорных систем управления.

Кроме этого, предполагается, что студенты должны получить возможность выполнения работ как в рамках традиционно организованного учебного процесса, так и в режиме удаленного доступа, используя ресурсы локальных и глобальных сетей.

## **Разработка и исследование алгоритмов управления двухнасосной станции**

Разработанная расчетная динамическая модель двухдвигательной насосной станции с магистралью позволяет проверить наличие (факт) взаимодействия насосных агрегатов, входящих в состав станции, при изменении характеристики сети, но не дает возможность отладить оптимальный алгоритм их переключения по перераспределению нагрузки сети.

Для получения модели станции с возможностью переключения насосов с заданным упорядоченным алгоритмом необходимо синтезировать специальную логику (дискретную логическую систему управления), способную управлять процессом взаимодействия насосных агрегатов в зависимости от определенного условия. В качестве такого условия используем параметр – значение скорости вращения двигателя (частоты вращения двигателя), непосредственно связанного с регулируемым насосом.

Рассматривается ряд методик синтеза логических систем управления: табличная, графическая и аналитическая. С их помощью синтезируется логика управления взаимодействием насосов станции. Полученная логика управления придает расчетной модели системы управления электродвигателями двухнасосной станции заверченный вид. На основе расчетной динамической модели рассматривается несколько вариантов моделей систем управления насосной станцией с целью определения из них наиболее оптимального (целесообразного):

- с одним преобразователем частоты;
- с двумя преобразователями частоты для управления каждым насосным агрегатом отдельно.

Для варианта модели с двумя преобразователями частоты рассматривается два алгоритма: параллельная работа насосных агрегатов и работа насосных агрегатов по принципу «основной – дополнительный».

Из трех рассмотренных вариантов моделей насосной станции следует выделить вариант с использованием одного преобразователя частоты. Данный выбор в сравнении с вариантом модели параллельной работы насосов станции, управляемых каждый от своего преобразователя частоты, также хорошо зарекомендовавшим себя по результатам моделирования, предполагает при удовлетворении изначально заданных требований к разрабатываемой модели существенную экономию.

УДК 621.319.7.001.2

А.В. ВОЛКОВ, к.т.н., ст. преподаватель, М.Н. ГОРЯЧЕВ, студент  
(ИГЭУ)

## **Концепция сквозного использования программно-аппаратных средств фирмы *National Instruments* в обучении студентов специальности «Промышленная электроника»**

Фирма *National Instruments* является мировым лидером в производстве программных и аппаратных средств автоматизации и измерений. Учебные комплексы данной компании внедряются практически во всех передовых университетах по всему миру. Ее программные и аппаратные продукты могут служить гибкой основой для выполнения практических и исследовательских задач студентами многих специальностей.

Знакомство студентов с концепциями программирования виртуальных приборов в *LabVIEW* целесообразно начинать на младших курсах в рамках дисциплин, связанных с традиционным программированием. На следующей стадии обучения они осваивают программирование аппаратных систем ввода-вывода. При этом полученные знания и навыки могут использоваться для выполнения практических занятий по специальностям «Микроэлектроника», «Микропроцессорная техника» и др.

Следует особо отметить, что при этом использование программно-аппаратных средств фирмы *National Instruments* позволит отказаться от типовых заданий и перейти к развитию творческого подхода у студентов к процессу проектирования сложных цифровых систем и к процессу познания в целом. При этом система *LabVIEW* предоставляет широкие возможности в моделировании сложных систем и может рассматриваться как некая альтернатива таких зарекомендовавших себя программных комплексов как МИК и *Matlab*.

На старших курсах студентам предлагается перейти к решению исследовательских задач, в которых требуется применение уже накопленных знаний в области проектирования различных систем автоматизации и управления, таких как интеллектуальные системы управления, системы с машинным зрением и т.п. Данный подход значительно повысит уровень подготовки специалистов к разработке микропроцессорных систем управления и сбора данных и позволит им самостоятельно пройти путь от идентификации систем и построения модели до отладки прототипа.

Программно-аппаратные продукты фирмы *National Instruments* представляют собой идеальную платформу, которая с одной стороны позволит унифицировать процесс обучения студентов специальности «Промышленная электроника», а с другой позволит им освоить современные средства автоматизации, управления и сбора данных.

УДК 621.319.7.001.2

А.В. ВОЛКОВ, к.т.н., ст. преподаватель, М.Н. ГОРЯЧЕВ, студент  
(ИГЭУ)

## Лабораторный стенд по изучению микропроцессорной техники

В последнее время растет интерес к применению микроконтроллеров в задачах управления, автоматизации и обработки сигналов. Для эффективного решения практических задач современный специалист в области МПТ должен не только иметь адекватное представление о принципах построения и функционирования всех элементов и узлов микропроцессорных устройств, но и творчески подходить к процессу создания подобных систем. Поэтому актуальной задачей является разработка аппаратно-программного комплекса, использование которого в качестве лабораторного стенда позволит развивать творческие способности студентов к решению инженерных задач.

В качестве аппаратной платформы для создания данного комплекса используется *NI ELVIS* и микроконтроллеры фирмы *Atmel* серии *Mega*. Программная часть проекта состоит из системы отладки, написанной на *LabVIEW 7.1*, и загрузчика пользовательских приложений. Связь виртуального прибора отладчика и загрузчика, находящегося в памяти программ контроллера, осуществляется через интерфейс *RS-232* и стандартный программный интерфейс *VISA*. Использование данного аппаратно-программного комплекса предполагается в двух режимах. В основном режиме все аппаратные ресурсы и память прикладных программ, которые могут использоваться для создания и отладки, как программного обеспечения, так и аппаратной части микропроцессорных систем, отведены разработчику. Второй режим – режим удаленной отладки, когда один контроллер предоставляет свои ресурсы одновременно нескольким удаленным пользователям. Обмен данными между виртуальным прибором пользователя и сервером осуществляется посредством сетевого интерфейса *DataSocket*. В данном режиме программе-загрузчику отводится роль операционной системы, распределяющей ресурсы контроллера между клиентами.

Кроме этого, применение разработанного программно-аппаратного комплекса в учебном процессе позволяет ознакомиться с концепцией виртуальных приборов *LabVIEW*, которые применяются для генерации и анализа сигналов, используемых в разрабатываемом устройстве. Разработанная архитектура программно-аппаратного комплекса предоставляет широкие возможности для использования ее в качестве обучающего и исследовательского стенда.

Подобные комплексы являются прекрасным средством воспитания талантливых высококвалифицированных специалистов в области электронной техники.

УДК 621.319.7.001.2

А.В. ВОЛКОВ, к.т.н., ст. преподаватель, М.Н. ГОРЯЧЕВ, студент  
(ИГЭУ)

## **Применение интеллектуальных алгоритмов в системах автоматического управления**

Классические методы синтеза систем автоматического управления базируются на аппарате интегро-дифференциального исчисления, основы которого были заложены около 300 лет назад. В свою очередь нейронные сети представляют собой альтернативный подход в теории автоматического управления, существующий всего пару десятилетий. Решающую роль во внедрении нейросетей в решение управленческих задач сыграли работы Нерендры (1989 г.).

Сегодня нейросети в ТАУ используются в качестве нейроконтроллеров, сигнализаторов неисправности и нейроэмуляторов, имитирующих поведение сложного объекта управления в целом или описывающих отдельные его характеристики, трудно поддающиеся математическому моделированию.

Существует много способов применения нейроконтроллеров и систем на их основе. Самым простым является использование нейросетей для эмулирования требуемого количества существующих регуляторов для различных режимов работы нелинейного объекта. Однако наиболее часто нейросети обучаются для получения необходимых управляющих воздействий в системах управления с обратной связью.

При этом основная функция нейросети, работающей в качестве сигнализатора неисправности, заключается в классификации текущего режима работы САУ как нормального, аварийного или т.п., а также генерации экспертного заключения неисправности. В данном случае преимущественно используются сети прямого распространения, обучающиеся на множестве экспертных оценок режимов работы.

В задачах идентификации, как правило, используются сигмоидальные нейронные сети прямого распространения, дополненные последовательностью регистров, содержащих предыдущие значения входных и выходных сигналов сети и обновляемых на каждом шаге обучения. Применение сетей обратного распространения является неоправданным с точки зрения затрат вычислительных ресурсов.

В качестве способов обучения наиболее часто используется метод обратного распространения ошибки для сетей прямого распространения и генетические алгоритмы.

Таки образом, нейронные сети являются новым направлением в теории автоуправления, отправной точкой которого служит эксперимент, в отличие от классического подхода представленного интегро-дифференциальным исчислением.

## К выбору метода определения электрических параметров грунтов

Основным методом определения электрических параметров грунтов являются методы вертикального электрического зондирования и пробного электрода. Метод вертикального электрического зондирования позволяет получить наиболее полные характеристики.

Рассматриваемый в докладе метод предназначен для грунтов с верхним слоем проводимостью примерно 700 Ом м, превышающим вдвое глубину промерзания, или с хорошо проводящим вторым слоем.

Параметры двухслойных грунтов характеризуются следующими величинами:  $\rho_1$  – удельным электрическим сопротивлением верхнего слоя грунта;  $\rho_2$  – удельным электрическим сопротивлением нижнего слоя грунта;  $h_1$  – мощностью первого слоя.

Кажущееся удельное электрическое сопротивление  $\rho_k$  измеряется при помощи четырехэлектродной установки Шлюмберже. Представим это сопротивление следующим уравнением:

$$\rho_k = \phi_1(\rho_1, k_{12}, h_1, L, l),$$

где  $L$  – расстояние между токовыми электродами;  $l$  – расстояние между потенциальными электродами;  $k_{12}$  – коэффициент неоднородности.

При постоянстве величин  $L$  и  $l$

$$\rho_k = \phi_1(\rho_1, k_{12}, h_1).$$

Для двухслойного грунта система уравнений будет иметь вид

$$\rho_{k1} = \phi_1(\rho_1, k_{12}, h_1);$$

$$\rho_{k2} = \phi_2(\rho_1, k_{12}, h_1);$$

$$\rho_{k3} = \phi_3(\rho_1, k_{12}, h_1).$$

Для реализации данной системы на микропроцессоре с целью упрощения программного обеспечения исключим из системы  $\rho_1$ , тогда

$$\rho_{k1}/\rho_{k2} = f_1(k_{12}, h_1) = \xi_1; \quad \rho_{k1}/\rho_{k3} = f_2(k_{12}, h_1) = \xi_2.$$

Таким образом, реализация данного метода приведет к резкому сокращению объема полевых измерений.



## СЕКЦИЯ 8. ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

УДК 519.876.5

В.В. БУХМИРОВ, д.т.н., профессор, Т.Е. СОЗИНОВА, к.т.н., доцент,  
Д.В. РАКУТИНА, к.т.н., ассистент  
(ИГЭУ)

### **Исследование эффективности методов решения многомерных задач теории теплопроводности**

Ключевой задачей математического моделирования является разработка эффективных вычислительных алгоритмов. При этом с развитием вычислительной техники задача повышения эффективности расчётных схем не становится менее актуальной. Напротив, увеличение производительности современных компьютеров создает возможность постановки всё более сложных многовариантных задач, эффективное решение которых требует постоянного совершенствования численных методов.

В данной работе исследована эффективность двух основных методов решения многомерных задач теории теплопроводности: метода дробных шагов и метода Либмана. Оценку эффективности метода дробных шагов и метода Либмана выполняли для условий работы промышленных печей на примере расчета симметричного нагрева двумерного цилиндра и трехмерной пластины, изготовленных из материалов с разными теплофизическими свойствами: корунда, керамического кирпича и углеродистой стали.

В качестве критерия оптимизации использован критерий эффективности разностных схем (КЭРС), предложенный В.В. Бухмировым и Т.Е. Созиновой. Разностную сетку, обеспечивающую заданную точность расчета при максимальном значении КЭРСа, считали оптимальной.

В качестве базовой схемы была принята разностная схема, реализуемая методом дробных шагов. Коэффициент относительной трудоемкости для базовой разностной схемы равен единице по определению. Коэффициент относительной трудоемкости для метода Либмана находили как отношение времени расчета этим методом к времени расчета базовым методом. В результате исследования эффективности установлено, что трудоемкость метода Либмана в основном выше трудоемкости метода дробных шагов. Однако, при расчете температурного поля на сетках с мелким шагом по времени и пространству эффективность метода дробных шагов равна эффективности метода Либмана при одинаковом значении относительной погрешности.

Результаты проведенного исследования эффективности методов решения многомерных задач теории теплопроводности представлены в виде номограмм, которые позволяют в каждом конкретном случае определять оптимальные параметры пространственно-временной сетки, а также выбирать предпочтительный метод расчета.

## Снижение энергозатрат на общеобменную вентиляцию производственных помещений

В некоторых производственных помещениях имеются локальные источники выделения вредности в виде пыли, газа. Для предотвращения их поступления в рабочую зону используются системы аспирации. Они не только повышают чистоту воздуха в помещении, но и позволяют уменьшить производительность общеобменной вентиляции. Насколько это возможно видно на следующем примере.

Рассмотрим два варианта вентиляции, при осуществлении каждого из которых в воздухе помещения будет одна и та же концентрация вредности – допустимая ( $C_{од}$ ). В первом варианте вредность удаляется только с помощью общеобменной вентиляции: в помещение поступает воздух в количестве  $L_{п.1}$  и удаляется из него  $L_{уд.1}$ . Во втором варианте кроме общеобменной вентиляции имеется система аспирации: в помещение поступает воздух в количестве  $L_{п.2}$ , а удаляется общеобменной вентиляцией  $L_{уд.2}$  и приемником системы аспирации  $L_{пр}$ . В приточном воздухе вредность отсутствует. Соотношение количества приточного воздуха по вариантам будет следующим:

$$\frac{L_{п.2}}{L_{п.1}} = \frac{L_{пр}}{L_{п.1}} + (1 - \eta_{пр}),$$

где  $\eta_{пр}$  – коэффициент эффективности работы приемника вредности.

Если коэффициент эффективности работы приемника близок к единице, то из равенства следует вывод, что, применяя систему аспирации, можно уменьшить количество поступающего в помещение (а значит и удаляемого из него) воздуха во столько раз, во сколько раз производительность приемника системы аспирации меньше количества воздуха, требующегося для разбавления вредности в помещении при отсутствии системы аспирации.

Полученное выражение указывает на следующее:

- применение системы аспирации позволяет многократно снизить производительность общеобменной вентиляции;
- повышение коэффициента эффективности работы приемника при его неизменной производительности по воздуху может дать дополнительное снижение воздухообмена в помещении;
- расход тепла и электрической энергии на вентиляцию можно снизить в несколько раз.

### Литература

1. **Созинов В.П.** Аспирация в АПК. – Иваново: НПЦ «СТИМУЛ», 1996. – 424 с.

УДК 669.713.7

А.П. СКУРАТОВ, д.т.н., профессор, А.А. ПЬЯНЫХ, аспирант  
(Политехнический институт ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»)

## Математическое моделирование тепловых полей в теплотехнологических промышленных установках

Одной из важнейших сторон, определяющих технологический процесс в пирометаллургических установках (литейные миксеры, индукционно-канальные печи, электролизеры и др.), является тепловое состояние теплоносителя и обрабатываемого материала в рабочем объеме. Экспериментальные исследования тепловых полей в промышленных установках – трудоемкая задача, которая не может дать полной информации о процессах теплообмена в технологических макрizonaх.

В работе предложена математическая модель ванны электролизера, в которой температурное поле расплава определяется согласно уравнению теплопроводности с учетом ортотропии среды [1]. Влияние на теплообмен течения расплава моделируется введением коэффициента эффективной теплопроводности:

$$\lambda_{эфф,x} = \lambda + \lambda_{эфф,x}, \lambda_{эфф,y} = \lambda + \lambda_{эфф,y}, \lambda_{эфф,z} = \lambda + \lambda_{эфф,z}. \quad (1)$$

Здесь  $\lambda_{эфф,x}$  – эффективная теплопроводность, вызванная движением жидкости, Вт/(м·К), которая, например, в направлении ОХ определяется из выражения

$$\lambda_{эфф,x} = c_p \cdot \rho \cdot V_x \cdot l \cdot k_0, \quad (2)$$

где  $l$  – определяющий размер, м;  $k_0$  – коэффициент формы потока и направления теплопереноса,  $k_0 = 0 \dots 1$ .

Тепло, выделяемое согласно закону Джоуля при прохождении через материалы электрического тока, закладывается во внутренние источники тепловыделения. На границах между областями различных материалов моделируемого объекта используются граничные условия четвертого рода (условия совместимости).

Численный параметрический анализ работы электролизера выполнен методом конечных разностей. При этом решение системы линейных алгебраических уравнений реализовано методом сопряженных градиентов приближенной факторизации.

### Литература

1. **Панов Е.Н.** Тепловые процессы в электролизерах и миксерах алюминиевого производства. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 1998.

УДК 669.041:519.95

Ж.Н. РЫБАКОВА, студентка, В.А. ГОРБУНОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Использование нейросетевой технологии для определения точности решения задач в математических пакетах

С развитием компьютерных технологий появилось много математических пакетов для решения задач тепломассообмена. При использовании любого из них необходимо знать точность полученных в пакете результатов.

Данная проблема была исследована на простейшем примере. В вычислительном комплексе решались задачи нагрева пластины металла различной толщины  $R=(0,08-0,25)$  м с начальной температурой 273 К в течение 250-1500 секунд при граничных условиях первого рода с постоянными теплофизическими коэффициентами (температура на поверхности была постоянна – 1273 К, а в тепловом центре задавались адиабатические условия нагрева) методом контрольных объемов [1]. Для анализа полученных результатов данные задачи решались аналитическим методом [2].

На точность полученных в пакете результатов влияет шаг по пространству  $\Delta x$  и шаг по времени  $\Delta \tau$ , с величиной которых трудно определиться при решении задач. Для этого проводилось численное исследование. На основании его результатов была обучена нейросеть, которая позволяет для заданной точности решения задачи определить время ее выполнения и выбрать количество шагов по времени и по пространству в заданном диапазоне величин. Результаты работы сети приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты тестирования обученной нейросети.

Толщина пластины, м	Время нагрева, с	Точность расчета	$\Delta \tau$ (теор.)	$\Delta x$ (теор.)	$\Delta \tau$ (нейр.)	$\Delta x$ (нейр.)
0,08	250	0,1 %	220	320	217	328
0,1	500	0,05 %	220	320	211	326
0,2	1000	2,9 %	20	70	16	73
0,25	1500	9,5 %	20	120	23	118

Приведенная технология позволяет определять точность решения ряда задач и время их выполнения на стадии постановки.

### Литература

1. **Патанкар С.В.** Численное решение задач теплопроводности и конвективно-теплообмена при течении в каналах: Пер. с англ. Е.В. Калабина; под ред. Г.Г. Янькова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 312 с.
2. **Лыков А.В.** Теория теплопроводности. – М.: Высш. шк., 1967. – 600 с.

## Особенности расчета пластинчатых теплообменников на ЭВМ

Пластинчатые теплообменники находят широкое применение в промышленной теплоэнергетике.

Программа расчета пластинчатых теплообменников CAS200 (CAS2000) создана для коммерческого применения и предназначена для специалистов в области маркетинга. Отсутствие приемлемой методики конструктивного и поверочного расчетов пластинчатых теплообменников, применяемых в системах отопления и горячего водоснабжения в соответствии с современной нормативно-технической документацией РФ, сдерживает использование программы расчета пластинчатых теплообменников в учебном процессе, особенно при курсовом и дипломном проектировании.

В тоже время пластинчатые теплообменники широко используются в промышленной теплоэнергетике.

Расчет пластинчатых теплообменных аппаратов достаточно сложен и требует больших временных затрат. При расчете пластинчатых теплообменников решаются две основные задачи:

– при заданных внешних параметрах процесса теплообмена необходимо подобрать аппарат минимальной поверхности теплообмена или стоимости, удовлетворяющий всем заданным ограничениям (это так называемый тепловой конструктивный расчет теплообменника);

– при установленном теплообменном аппарате необходимо выяснить, как удовлетворяются значения внешних параметров и ограничений (тепловой поверочный расчет теплообменника).

Математически поставленную задачу можно сформулировать следующим образом: необходимо найти минимальную поверхность теплообмена, удовлетворяющую следующей системе уравнений:

$$\begin{cases} G_1 \cdot c_{p1} (t_1' - t_1'') = \kappa \cdot F \cdot \Delta t_{cp,l} \\ G_2 \cdot c_{p2} (t_2'' - t_2') = \kappa \cdot F \cdot \Delta t_{cp,l} \end{cases}$$

при ограничениях на потерю напора теплоносителей

$$\begin{cases} \Delta P_1 \leq \Delta P_{1don} \\ \Delta P_2 \leq \Delta P_{2don} \end{cases}$$

Приводятся примеры расчета на ЭВМ пластинчатых теплообменников в системах отопления и горячего водоснабжения.

## **Моделирование процесса прогрева и охлаждения насадки в регенеративном теплообменнике**

Наличие достоверной информации о кинетике прогрева и охлаждения насадки в регенеративном теплообменнике является необходимым условием для определения его расчетных характеристик, рационального цикла работы и, в конечном счете, его эффективности. Моделирование насадки как единого тела с однородным распределением его теплового состояния по всему объему дает завышенную скорость прогрева, так как завышается тепловой поток от газа (или к нему), рассчитываемый по разности температур газа и поверхности насадки, которая и оказывается завышенной при модели однородного прогрева.

Чтобы описать процесс прогрева, необходимо решить как минимум плоскую задачу теплопроводности с переменными по времени и по контуру насадки граничными условиями. Аналитическое решение такой задачи вряд ли представляется возможным даже при далеко идущих упрощениях. В настоящей работе предлагается ячеечная модель для численной процедуры ее решения, которая хорошо зарекомендовала себя при решении других задач тепло- и массопереноса.

Насадка представлена в виде прямоугольной области с прямоугольными же сквозными отверстиями для прохода газа. Из нее выделен прямоугольный домен, состоящий из половины канала для прохода газа и половины примыкающего к нему тела насадки. Распределение параметров газа по сечению канала принято равномерным. Этот канал представлен как одномерная цепь прямоугольных ячеек идеального вытеснения. Из последнего условия по скорости газа и размерам ячейки определяется время перехода. Состояние процесса рассматривается в дискретные моменты времени, кратные времени перехода. Насадка представлена как уже двухмерная цепь прямоугольных ячеек, между которыми происходит передача теплоты путем теплопроводности в соответствии с законом Фурье. Эволюция теплового состояния насадки описывается матрицей теплопроводности, правила построения которой приведены в работе. Передача теплоты от газа к примыкающей к нему последовательности ячеек насадки происходит путем теплоотдачи, которая введена в модель теплопроводности как функция источников теплоты в крайних ячейках насадки. Таким образом, описание процесса нагрева и охлаждения насадки сводится к простому рекуррентному матричному равенству, которое, собственно, и является моделью процесса. Численные эксперименты с моделью позволили подтвердить ее работоспособность и адекватность описываемым явлениям, а также выявить ряд эффектов, недоступных для описания моделью однородного прогрева насадки.

УДК 621.

В.А. СЕРГЕЕВ, к.т.н., профессор, Е.Г. АВДЮНИН, д.т.н., профессор,  
А.В. СЕРГЕЕВ, аспирант  
(ИГЭУ)

## Модель движения пенного слоя вязкой жидкости по наклонной поверхности

Задачи подобного типа возникают при транспортировке нефтепродуктов, когда появляется необходимость удаления отслоившегося от нефти воздуха. Такая же задача возникает при эксплуатации маслосистем паровых турбин, в маслобаках которых установлены воздухоотделители с плоскими наклонными перегородками [1].

Экспериментальными работами В.А. Сергеева по исследованию движения одиночного пузырька по наклонной поверхности [1] было установлено, что это явление может быть описано критериальной зависимостью:

$$F_r = f(Re, \alpha, a),$$

где  $\alpha$  – угол наклона плоскости движения пузырька к горизонту;  $a$  – коэффициент Стокса, учитывающий влияние поверхностно-активных веществ в жидкости на скорость движения одиночного пузырька.

Совместное движение воздушных пузырьков в пенном слое значительно отличается от движения одиночного пузырька. На скорость движения пенного слоя в воздухоуходящих устройствах оказывает существенное влияние их коалесценция в более крупные агрегаты, направление движения слоя по отношению к направлению движения основного потока жидкости, температурные факторы.

Однако, как показали испытания внедренных за последние 10-15 лет воздухоотделителей ИГЭУ, установленных в маслобаках мощных паровых турбин, с достаточно высокой точностью, зная наиболее представительную воздушную фракцию в жидкости, можно рассчитывать воздухоотделители по вышеуказанной критериальной зависимости.

### Литература

1. **Сергеев В.А.** Исследование способов эвакуации воздуха и механических примесей из турбинных масел: Дис... канд. техн. наук. – МЭИ, 1971.

УДК 536.24

Н.Н. ЕЛИН, д.т.н., профессор,  
М.Ю. ОМЕТОВА, к.т.н., ст. преподаватель, Г.В. РЫБКИНА, инженер  
(ИГАСУ)

## **Численное моделирование нестационарных процессов теплообмена в регенеративном воздухоподогревателе**

Известные методы теплового расчета регенеративных воздухоподогревателей [1] основаны на грубых допущениях, рассматривающих процесс как стационарный и игнорирующих изменение температуры насадки по ее толщине. Это не позволяет выполнить режимную и конструктивную оптимизацию.

Предлагаемая математическая модель включает систему дифференциальных уравнений в частных производных: уравнение теплопроводности в насадке и уравнение энергии в теплоносителе. Замыкание области расчета производится с помощью граничных условий третьего рода. Излучение дымового газа учитывается в граничных условиях по методу «сальдо».

Данная модель реализована в виде компьютерной программы, с помощью которой рассчитан переходный и установившийся четырехпериодный циклический процесс регенеративного воздухоподогревателя стекловаренной печи. Каждый цикл работы подогревателя включает четыре временных интервала: интервал нагрева насадки дымовыми газами – пауза перекидки; интервала нагрева дутья – пауза перекидки, и т.д. Достоверность результатов контролировалась путем сравнения энергии, отдаваемой теплоносителем, и полученной насадкой в интервале нагрева, а также энергии, отдаваемой насадкой, с энергией, получаемой воздухом.

В качестве расчетной области использовалась одна симметричная секция регенеративного воздухоподогревателя типа «каупер» длиной 2 м, с поперечными размерами ячейки 10×10 мм и толщиной кирпичной насадки 60 мм. В качестве теплоносителя использовалась смесь  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$  с температурой 900 °С при начальной температуре дутья (воздуха) 20 °С. Рассматривался режим противотока.

Разработанная математическая модель регенеративного воздухоподогревателя построена без существенных упрощений и позволяет получить распределение трехмерных нестационарных температурных полей достаточно близкое к реальности, а также рассчитать переходный первоначальный период нагрева насадки, который значительно превышает период нагрева в установившемся режиме.

### **Литература**

1. **Теплоиспользующие** установки промышленных предприятий / Под ред. О.Т. Ильченко. – Харьков: Вища шк., 1985. – 384 с.



## Моделирование работы газовой утилизационной бескомпрессорной турбины металлургического предприятия

Доменное производство является одним из крупных источников ВЭР в черной металлургии. В настоящее время в нашей стране и за рубежом эксплуатируется несколько десятков газовых утилизационных бескомпрессорных турбин (ГУБТ), использующих избыточное давление доменного газа. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ГУБТ более чем в 2 раза ниже электроэнергии получаемой на КЭС.

На ОАО «Северсталь» за самой крупной на предприятии доменной печью №5 установлена первая в нашей стране газовая утилизационная турбоустановка на влажном доменном газе, мощностью 25 МВт производства АО «Невский завод» Санкт-Петербурга [1].

Цель работы – разработать модель имитации работы ГУБТ и повысить эффективность ее работы за счет оптимизации режимов.

Для моделирования работы ГУБТ используется программный комплекс FlowVision, предназначенный для моделирования трехмерных течений жидкости и газа в технических и природных объектах, а также визуализации этих течений методами компьютерной графики. Геометрическая модель турбины строится в системе автоматизированного проектирования T-Flex. Затем она импортируется в программный комплекс FlowVision, где:

1. Производится выбор математической модели движения газа.
2. Задаются граничные условия на границе расчетной области и расчетная сетка.
3. Определяются параметры численного моделирования.

Решение задачи основано на конечно-объемном методе решения уравнений гидродинамики.

### Литература

1. **Особенности** энергоаудита газовых утилизационных бескомпрессорных турбин, работающих в металлургическом производстве / О.Ю. Нагорная, В.А. Горбунов, О.И. Горинов // XII Туполевские чтения: Мат-лы междунар. молодежной науч. конф. – Казань: КГТУ, 2007. Т. 1. – С.190-191.
2. **Экспериментальное** исследование работы ГУБТ-25 на ОАО «Северсталь» / О.Ю. Нагорная, В.А. Горбунов, О.И. Горинов // Состояние и перспективы развития электротехнологии. XII Банардосовские чтения: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Иваново: ИГЭУ, 2005. Т. 2. – С.54.

УДК 621.05

О.И. ГОРИНОВ, к.т.н., доцент, Д.Л. ТИМОНИН, студент  
(ИГЭУ)

## **Глубокая рекуперация продуктов горения промышленной котельной**

Продукты горения промышленной котельной являются не только энергетическими, но и материальными вторичными ресурсами. Низкотемпературная тепловая энергия продуктов сгорания полностью утилизируется КТанами, а что касается газов, в состав которых входит двуокись углерода  $\text{CO}_2$  в количестве около 10 %, то она вполне успешно может быть рекуперирована в жидкую углекислоту с закачкой в баллоны.

При возрастающих потребностях промышленности в углекислоте становится проблематична доставка ее от места изготовления к потребителю, и поэтому становится выгодным производить ее на месте. Так как в промышленной котельной два кола типа ДКВР 10–13 ежечасно выбрасывают в атмосферу около  $1700 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ . При рекуперации этого количества углекислоты годовая экономическая эффективность составляет порядка 1 млн руб. в год.

Рост потребления углекислоты связан с появлением новых технологий, в которых она используется. Большая потребность углекислоты возникает в производстве «сухого льда» (твердая фаза  $\text{CO}_2$ ), который кроме хранительных функций используется в качестве бластитового средства.

Широкое применение углекислоты находит в лазерной технике, которая в составе технологических комплексов используется при резке, сварке, наплавке, термоупрочнению и поверхностному легированию различных материалов.

При стоимости жидкой углекислоты порядка 1500 руб. за  $1000 \text{ м}^3$  производство ее в промышленных котельных становится экономически выгодным и целесообразным.

УДК 66. 041

Е.Н. ГНЕЗДОВ, к.т.н., доцент, О.Е. НАЗАРОВА, студентка, Е.И. ПОПОВ, студент (ИГЭУ)

## Методика исследования температур в сушилке с помощью миниатюрных регистраторов ТЛ-01

Целью исследования была разработка методики регистрации температуры теплоносителя одновременно во многих местах садки керамических изделий на движущихся вагонетках при термовлажностной обработке в сушилке.

Применялся миниатюрный (85×37×12 мм) регистратор температуры ТЛ-01, который имеет встроенные датчик температуры, память и аккумулятор (ОАО «Системотехника», г. Иваново). Посмотреть результаты можно на ПК с помощью кабеля - адаптера по интерфейсу RS-232.

Приборы ТЛ-01 подвешивали между керамическими изделиями в различные места садки на вагонетке, которая продвигалась вдоль рабочего пространства туннельной сушилки (рис. 1). Регистраторы фиксировали температуру через одну – две минуты в течение трех суток.

Анализ результатов регистрации позволяет отслеживать величину и характер изменения температур и перепадов температур как в поперечном сечении, так и вдоль рабочего канала сушилки, а также определять характер влияния работы рециркуляционных вентиляторов на распределение температур в сушильном туннеле (рис. 1).

По результатам мониторинга температурного поля теплоносителя в сушилке можно обоснованно принимать решения об изменениях в конструкции сушилки и режиме сушки.

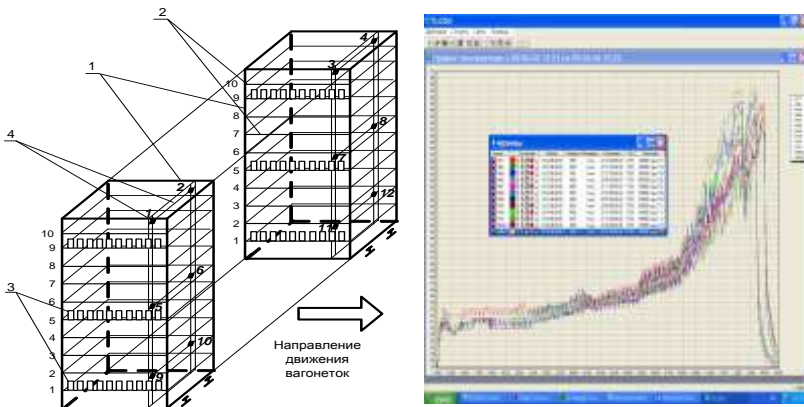


Рис. 1. Схема расположения регистраторов ТЛ-01 и результаты измерения температур теплоносителя в поперечном сечении сушилки при движении вагонеток: 1 – вагонетки; 2 – полки; 3 – кирпичи; 4 – регистраторы температуры ТЛ-01

## **Опыт разработки вихревого реактора для технологии газификации твердого топлива**

Быстрый пиролиз различных твердых топлив в закрученных потоках привлекателен. Но реализация часто проблематична из-за повышенных затрат энергии на дутье в аппаратах этого класса, при недостаточной изученности аэродинамики закрученных потоков в реакторах и проблем управления потоками. Но закрутка потоков стабилизирует все процессы выхода и воспламенения летучих продуктов, интенсифицирует подвод теплоты и  $O_2$  в отдельные зоны реактора. Воздействуя на поток можно по желанию изменять температуру и время пребывания газов, а также и твердой взвеси, в наиболее важных зонах технологического аппарата.

Это противоречие возможностей и недостатков вихревых аппаратов можно преодолеть в новой вихревой технологии, разрабатываемой нами на ряде новых принципов. Во-первых, весь процесс разбивается в реакторе на зоны, и в каждой зоне специально организуется газовый вихрь со специфическими особенностями. Во-вторых, все эти вихри хорошо стабилизированы оригинальными приемами, которые получены нами из более точных представлений о распределении в вихре осевого импульса и момента вращения потока и его отдельных зон. В-третьих, применена оригинальная технология воздействия на трансформацию структуры вихря, для управления процессом получения горючего газа.

Новая технология газификации разных твердых топлив и биомассы (измельченные древесные отходы и т.д.) реализована в трех опытных реакторах. В них в условиях высокоскоростного теплообмена, получено устойчивое образование горючего газа в зоне относительно низких температур – примерно 600 °С. Стабилизация огненного вихря отработана нами на основе подробных предварительных исследований холодных и горячих моделей простейших вихревых устройств, а в них – момента вращения и его осевого импульса в процессе формирования, развития и разрушения вихря. Управление этим вихрем в разных зонах реактора реализовано разными типами специальных струйных систем. Варианты этих систем в настоящее время подробно отрабатываются и на моделях с горением твердого топлива. Первые их продувки доказали возможность получения устойчивого осесимметричного горящего вихря и возможность управлять его размерами, круткой и температурой.

В перспективе полученный в генераторе из измельченной биомассы газ можно использовать как топливо, замещающее углерод ископаемых топлив на углерод возобновляемого топлива. Такие схемы замещения перспективны. По оценкам британских экспертов они могут обеспечить не менее 10 % снижения всех выбросов  $CO_2$  от сжигания разных видов традиционных энергетических топлив на тепловых электростанциях.

УДК 669.162.252

В.А. ГОРБУНОВ, к.т.н., доцент, Д.А. ДОЛИНИН, инженер  
(ИГЭУ)

## **Использование нейросетевой технологии для повышения эффективности работы газоочистного оборудования после доменной печи**

На металлургических предприятиях очистка доменного газа от пыли осуществляется так называемым мокрым способом, основными звеньями которого являются скруббер и трубы Вентури. Очистка происходит водой, разбрызгиваемой форсунками, при этом капли воды коагулируют с частицами пыли потока газа и оседают в нижней части скруббера и труб Вентури, откуда отводятся в виде шлама в отстойник. В настоящее время нет режимных карт работы газоочистного оборудования, что ведет к завышенному расходу воды на орошение. Задачей исследований является повышение эффективности очистки доменного газа и снижение энергопотребления путем определения технически обоснованных норм расхода воды. Исследования проводились на газоочистке доменной печи №4 ОАО «Северсталь» в г. Череповце. Так как на данный момент после доменной печи не установлена газовая утилизационная турбина (ГУБТ), то приоритетом является экономия воды на скруббер и трубы Вентури. Были проведены эксперименты по замеру запыленности доменного газа после скруббера и после труб Вентури при различных режимах работы газоочистки.

Для построения математической модели работы газоочистного оборудования использовались нейросетевые технологии. Полученные экспериментальные и расчетные данные были использованы для обучения нейросети. Для труб Вентури были созданы две модели для на основе нейросетевой технологии по определению степени очистки доменного газа (удельного количества пыли, которая улавливается трубами Вентури) и остаточной запыленности газа после труб Вентури. В качестве входных данных для обучения нейросети использовались расход доменного газа, средний расход орошающей воды на трубы Вентури и средний перепад давления на трубах Вентури. Выходными данными являлись, соответственно, степень очистки доменного газа трубами Вентури и остаточная запыленность. На основе обученных нейросетей были построены номограммы, на которых показаны зависимости: степень очистки трубами Вентури и запыленность доменного газа на выходе из труб Вентури от расхода орошающей воды и от перепада давлений на трубе Вентури с учетом расхода доменного газа. По номограммам определяются точки, в которых достигается технически обоснованная эффективность работы труб Вентури, т. е. при минимальных значениях расхода воды и перепада давления обеспечивается требуемое качество очистки.

## **Обоснованность установления нормативов потребления теплоты на отопление и расхода воды на горячее водоснабжение для жилых зданий**

При установлении нормативов потребления коммунальных услуг рекомендуется применение метода аналогов, экспертного и расчетного методов (Постановления Правительства РФ №306 и №307).

Перечисленные методы не позволяют оценить эффективность использования энергии и разработать мероприятия по повышению энергетической эффективности.

Анализ источников теплоты и потребителей теплоты и горячей воды на отопление в г. Иваново позволил сделать следующие выводы:

- 72 здания из более двух тысяч оборудованы узлами учета расхода теплоты и горячей воды на отопление и горячее водоснабжение;
- для большинства зданий (даже оборудованных узлами учета) отсутствуют проекты (архитектурно-строительные, отопление, вентиляция, водоснабжение).

Для определения нормативов на коммунальные услуги (отопление и горячее водоснабжение) при отсутствии проектных данных на большинство жилых зданий было принято решение:

- определить конструктивные параметры и серии жилых зданий, оборудованных узлами учета, с использованием фотоаудита и провести с использованием разработанного авторами программного комплекса «Энергоаудит» определение нормативов потребления теплоты на отопление, выполнение оценки энергетической эффективности и составление энергетического паспорта;

- использовать для установления нормативов потребления теплоты и воды метод аналогов за счет обработки показаний узлов учета, установленных в указанных жилых зданиях, и применить расчетный метод в соответствии с постановлением Правительства;

- для уточнения принятых нормативов потребления теплоты на отопление и расхода воды на горячее водоснабжение применить экспертный метод (энергетического аудита).

Проведенные исследования позволили обоснованно установить нормативы коммунальных услуг и рекомендовать их для утверждения Администрации г. Иваново.

УДК 621.438

В.С. ГЛАЗОВ, к.т.н., доцент, Т.А. ЛОГИНОВА, студентка  
(ИГЭУ)

## **Нейросетевая технология в определении эффективных режимов работы ГУБТ на доменном газе**

Экономический кризис, постоянный рост цен и тарифов на энергоносители предъявляет повышенные требования к эффективности работы различных энерготехнологических систем и агрегатов. На металлургических предприятиях стали широко применяться утилизационные технологии. Так на «Северстали» используется технологическая цепочка утилизации потенциальной энергии избыточного давления доменного газа (ДП-ГО-ГУБТ). Поскольку турбина не вышла на проектную мощность, появилась необходимость провести исследования, которые бы позволили найти оптимальные режимы ее работы, приводящие к повышению её мощности.

Исходными данными при рассмотрении данной задачи являются состав, расход и температура доменного газа на входе в турбину, его давление на входе и выходе из него, а также углы поворота управляющих лопаток турбины, температура и давление окружающей среды. Выходными данными – мощность турбины, Вт, и удельный расход энергоносителя, кг/(Вт·ч). В качестве универсального аппроксиматора был использован пакет «Statistica Neural Networks».

В ходе выполнения НИР было установлено:

- зависимость активной мощности на клеммах генератора от располагаемой политропной мощности,
- зависимость расхода доменного газа от отношения давлений на входе и выхлопе турбины.

Были так же установлены параметры и функции, определяющие оптимальную работу ГУБТ–25, при варьировании угла поворота направляющих лопаток турбины в области 49-54°, а именно:

- оптимальное отношение давлений на входе и выхлопе турбины,
- расход газа через турбину, соответствующий оптимальному соотношению давлений,
- функция для определения максимальной политропической мощности турбины,
- функция для определения максимальной приведенной мощности на муфте генератора,
- функция для определения максимального КПД на муфте генератора.

Кроме того, полученные результаты были сопоставлены с данными других исследователей, использующих нейросетевую технологию. Анализ показал, что отличие выходных данных в основном связано с морфологией сети, выбором переменных и областью их варьирования.

УДК 697.4.004.2

В.М. МЕЛЬНИКОВ, к.т.н., доцент, В.Н. ДОРОФЕЕВ, к.т.н., доцент,  
В.Ф. НИКИШОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **К расчёту нормативных показателей при эксплуатации водяных тепловых сетей**

Расчёт показателей теплоснабжения и выявление их соответствия нормативным показателям рекомендовано проводить согласно документа «Методических указаний по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий» от 2002 года. Нормативные расходы воды и теплоты рассматриваются как максимально допустимые при нормальных условиях эксплуатации систем отопления и горячего водоснабжения. Превышение расходов воды и теплоты влечёт за собой мероприятия по его ликвидации за счет повышения уровня эксплуатации. Мероприятия, приводящие к снижению величин расхода воды и теплоты, ниже нормативных при обеспечении комфортных условий проживания, относятся к разряду энергосбережения. Учет количества реализованной теплоты должен производиться приборами в точке учета на границе раздела тепловых сетей. При наличии достаточного количества приборов регулярно снимаются показания приборов и производятся расчёты для сравнения с нормативными показателями.

При недостаточном количестве приборов применяется нормативный метод, который может привести к превышению некоторых расчетных показателей. В таких случаях можно рекомендовать более тщательную работу с документацией объектов, визуальный и инструментальный методы обследования отдельно взятых объектов с составлением актов обследования.

Работа теплогенератора, как правило, котельной, на тепловую сеть потребителя характеризуется переменными режимами работы, которые можно представить как несколько аргументов целевой функции. Функцией можно представить как расход тепловой энергии мгновенный или за определенный период, так и расход условного топлива, который является отчетным нормативным, подлежащим утверждению в установленном порядке. Следует учитывать наличие нескольких котлов, работающих в разных режимах. Анализ карт наладки показывает, что даже котлы одной марки имеют разные выходные параметры, что даёт возможность варьировать тепловую нагрузку. Рассмотрение совместной работы котельной и тепловой сети в виде математической модели даёт возможность оптимизации целевой функции применением численных методов расчёта. Такой подход даст возможность найти лучший вариант работы теплогенератора на тепловую сеть, провести реальные энергосберегающие мероприятия.



УДК 66.011

А.С. НАТАРЕЕВ, аспирант  
(ИГЭУ)

## Сушка единичной частицы АБС–сополимера

При производстве АБС-пластика методом привитой полимеризации в эмульсии наибольшее потребление тепловой энергии связано с процессом сушки порошкообразного сополимера. Сушку проводят в ленточной сушилке горячим воздухом с температурой 110 °С, нагретым в паровом калорифере. При этом влажность исходного материала снижается с 60-64 % до 0,5 %. Количественной основой расчета процесса сушки являются кинетические закономерности удаления влаги из материала. Для этого необходимо иметь надежные сведения о механизме удаления влаги из материала и скорости протекания процессов тепло и массообмена.

В работе проведены исследования кинетики процесса сушки сополимеров марок АБС-2020 и 2802.

В результате экспериментальных исследований получены кинетические кривые сушки АБС-сополимеров и зависимости изменения температуры данных материалов от времени процесса. Для определения эффективных коэффициентов массопроводности был использован зональный метод.

В результате проведенных расчетов установлено, что значение коэффициента массопроводности находится в пределах от  $9,77 \cdot 10^{-11}$  до  $1,174 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, коэффициента теплопроводности от 0,15 до 0,7 Вт/(м К), коэффициента температуропроводности от  $2 \cdot 10^{-7}$  до  $5 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с.

Аппроксимация экспериментальных данных позволила получить уравнение для расчета коэффициента массопроводности, которое в общем виде записывается:

$$k = Au^B t^C;$$

где А, В, С – постоянные; u – влажность материала; t – средняя по объему температура материала.

Зависимость коэффициента теплопроводности описывается эмпирическим уравнением

$$\lambda = \lambda_0 + Lutexp(Mu);$$

где L, M – постоянные;  $\lambda_0$  – коэффициент теплопроводности в начальный момент времени.

Учитывая, что удельная теплоемкость и плотность влажных материалов линейно зависят от влагосодержания, эффективный коэффициент температуропроводности определяется по известной формуле

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}.$$

УДК 669.162.252

О.И. ГОРИНОВ, к.т.н., доцент, Д.А. ДОЛИНИН, инженер  
(ИГЭУ)

## **Повышение уровня безотходности в технологии мокрой очистки доменного газа**

На металлургических предприятиях очистка доменного газа от пыли осуществляется так называемым мокрым способом, основным звеном которого является скруббер. В скруббере очистка происходит водой, разбрызгиваемой форсунками, обычно установленными в три яруса по высоте. В скруббере капли воды коагулируют с частичками пыли потока газа и оседают в нижней части скруббера, откуда отводятся в виде шлама в отстойник. Расход орошающей воды на скруббер находится в пределах  $(3 \div 4) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  очищаемого газа и для доменной печи объемом  $5000 \text{ м}^3$  составляет  $3000 \div 4000 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Одним из принципов безотходной технологии является наличие в ней наиболее низкого уровня водоиспользования. Существующие способы мокрой очистки не имеют контроля остаточной запыленности доменного газа, концентрация которой не должна превышать установленную норму  $4 \text{ мг}/\text{м}^3$ . И, чтобы запыленность газа не превышала нормативную концентрацию, воду на орошение в скруббер подают по интуитивному опыту, зачастую с запасом, тем самым неоправданно завышая ее использование. Кроме того, в процессе эксплуатации размеры каналов разбрызгивающих форсунок увеличиваются, и для нормальной их работы требуется повышать давление воды, что также ведет к дополнительному перерасходу орошающей воды.

Одним из способов повышения уровня безотходности мокрой газоочистки является установка устройства по контролю остаточной запыленности доменного газа. На основании полученных значений концентраций пыли определяются наиболее эффективные режимы работы газоочистного оборудования, при которых обеспечивается требуемое качество очистки доменного газа при минимальном расходе орошающей воды.

В качестве устройства по определению остаточной концентрации пыли в доменном газе применяется конструкция, в которой используется принцип изокINETИЧНОСТИ потоков в отбираемом газопроводе и в канале отборной трубки. Отобранная проба поступает в циклон, где влага с пылью конденсируется, и затем измеряется концентрация и влагосодержание газового потока.

Контроль остаточной запыленности газа позволяет сократить расход орошающей воды на  $200 \div 400 \text{ м}^3/\text{час}$  на одну газоочистку, что принесет экономический эффект около 1,5 млн руб. в год.

УДК 669.162.252

Т.В. МИХРИНА, студентка, В.А. ГОРБУНОВ, к.т.н.  
(ИГЭУ)

## Моделирование работы скруббера в программном комплексе FlowVision

Показаны возможности использования программного комплекса FlowVision [1] для моделирования форсуночного скруббера по очистке доменного газа. Разработанная модель предназначена для имитации работы скруббера с целью

1. определения границ работы скруббера (минимального и максимального расхода воды на скруббер) в диапазоне существующего расхода газа после доменной печи №4 ОАО «Северсталь»;

2. определения технически обоснованных норм расхода воды в соответствии с режимами работы скруббера.

Скрубберы получили широкое распространение в металлургии, преимущественно для охлаждения и увлажнения газа, необходимых для последующей тонкой очистки газа [2]. В скруббере производится очистка доменного газа с температурой 138 °С, давлением 0,152 МПа и расходом 105,13 м<sup>3</sup>/с [3]. Это реальные условия на предприятии. При решении задачи принимаются следующие допущения:

- режим работы скруббера стационарный;
- теплообмен с окружающей средой отсутствует;
- нет стенок и нет трения на стенках скруббера, т.к. в тестовой версии мало узлов сетки;
- жидкость, находящаяся в нижней части скруббера, неподвижна.

Геометрическая модель скруббера строится в системе автоматизированного проектирования SolidWorks, после чего производится ее импортирование в программный комплекс FlowVision. Задача основана на конечно-объемном методе решения уравнения Навье-Стокса, уравнения неразрывности, закона сохранения энергии, уравнения диффузионного переноса скалярной величины, а также уравнения к-ε модели турбулентности.

**Вывод.** Модель позволяет определить в диапазоне варьируемых параметров эффективность очистки и нормы расхода воды на очистку доменного газа.

### Литература

1. **FlowVision.** Система моделирования движения жидкости и газа. Версия 2.2. Руководство пользователя, 1999-2005.
2. **Старк С.Б.** Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве: Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
3. **Использование** пакета FlowVision для исследования работы скруббера по очистке доменного газа / Т.В. Михрина, В.А. Горбунов // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. XIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 3-х т. – М.: МЭИ, 2007. Т. 2. – С. 420-421.

## **О моделировании теплоустойчивости многослойных ограждений**

Моделирование тепловой устойчивости ограждений является неотъемлемой частью математического моделирования динамического микроклимата, рассмотренного в [1].

Предлагаемая модель позволяет найти распределение температуры внутри многослойной ограждающей конструкции в любой момент времени с учетом изменения параметров наружного и внутреннего воздуха. Такая модель также дает возможность определить количество теплоты, аккумулированное ограждающими конструкциями, оценить их теплоустойчивость и учесть эти процессы при создании динамического микроклимата.

Модель создана на основании численного решения дифференциального уравнения теплопроводности. Для оценки точности и скорости решения задачи реализованы модели тремя разностными схемами: явная разностная схема; неявная разностная схема; неявная разностная схема Кранка-Николсона [2].

Проведённые исследования позволили сделать вывод, что модель, основанная на схеме Кранка-Николсона, более предпочтительна (особенно при увеличении шага).

В качестве примера рассмотрена трёхслойная кирпичная ограждающая конструкция с изоляцией из пенополистирола толщиной 100 мм, которая может устанавливаться внутри, снаружи и в середине конструкции. Расчётный период составил один календарный год. Температура наружного воздуха аппроксимировалась полиномом 3-ей степени по значениям температур в 0, 10, 14 и 24 часа для г. Иваново.

Проведенные на модели исследования показывают, что для повышения тепловой устойчивости ограждений, тепловую изоляцию целесообразно располагать снаружи.

### **Литература**

1. **Гаранин А.В.**, Пыжов В.К. Моделирование динамического микроклимата // Юбилейный сборник научных трудов к 100-летию со дня рождения профессора Черкасского Владимира Михайловича. – Иваново: ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», 2005. – С.108-116.
2. **Арутюнов В.А.**, Бухмиров В.В., Крупенников С.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей. – М.: Металлургия, 1990. – 239 с.

УДК 621.311

В.В. СЕННИКОВ, к.т.н., доцент, В.А. ПИРОЖКОВ, студент  
(ИГЭУ)

## **Использования термогидравлического распределителя в схемах теплоснабжения**

Термогидравлический распределитель (ТГР) – устройство, которое способствует улучшению процесса регулирования отпуска тепловой энергии.

С 80-х годов во Франции и Германии в тепловых схемах котельных начинают использовать ТГР. Как известно, тепловая схема котельной состоит из контура источника и контура (контуров) потребителя. Применение ТГР в этих схемах обеспечивает за счет независимости контуров источника и потребителей оптимальный отпуск тепловой энергии различным потребителям с различными параметрами с минимальными энергозатратами.

Существуют различные типы ТГР – вертикальные с подключением до 3-х потребителей, коллекторные (вертикальные и горизонтальные) с возможностью неограниченного подключения потребителей, коллекторные, соединенные короткой U-образной трубой и др.

Режим работы котельных установок должен обеспечивать постоянный, не менее минимального, расход теплоносителя с температурой выше точки росы (кроме конденсационных котлов) при резко изменяемой тепловой нагрузке у потребителей, т.е. гидравлический режим работы котлов не должен зависеть от гидравлических и тепловых режимов работы потребителей.

Подключение потребителей через ТГР имеет и другие преимущества: потребителям будет отпускаться столько теплоты, сколько им необходимо для компенсации тепловых потерь зданием в данный момент. Невостребованное количество тепловой энергии через ТГР возвращается источнику.

Разработан проект реконструкции котельной с использованием ТГР.

## **Комплексное использование возобновляемых источников энергии**

Непрерывный рост производства требует введения в строй все новых источников энергии. Строящиеся электростанции сооружаются без достаточных экологических обоснований: в их проекты закладываются лишь энергоэкономические соображения. Органическое топливо, сжигаемое в огромных количествах на ТЭС и ТЭЦ страны, является невозобновляемым природным ресурсом, и его израсходование создает угрозу для существования человеческого общества.

Разумно использование экологически чистых, возобновляемых источников энергии, к которым, прежде всего, относятся: солнечное излучение, речной сток, ветер и биомасса. Важной особенностью этих источников энергии является их рассредоточенность по земной поверхности, совпадающая с рассредоточенностью отраслей сельскохозяйственного производства. Возникает задача сочетания этих особенностей для использования данных источников в сельском хозяйстве. Забыты как источники энергии малые реки с гидроузлами мощностью до 5000 кВт, представляющие значительный энергетический ресурс. Гидроузлы на малых реках должны являться не только источником энергии; они представляют собой ресурс поливного земледелия, рыборазведения и являются важным фактором почвообразования и регулирования климата обширных регионов страны.

В современных условиях необходим общий критерий оценки энергетической эффективности ГЭС, учитывающий значение станции для сбережения природных ресурсов и охраны окружающей среды. Суточные и сезонные графики электрических нагрузок в сельском хозяйстве неравномерны. Их покрытие возможно проводить с помощью комплексных гидроветроустановок: гидротурбин с генераторами, установленные на водохранилищах малых рек, и ветроэлектро-установок (ветродвигатели с генераторами). При отсутствии ветра электроэнергия вырабатывается гидроагрегатом за счет транзитного потока и запаса гидроэнергии в водохранилище. При наличии ветра снижается нагрузка с гидроагрегата и передается на ветроустановку. Работа комплекса в целом может быть полностью автоматизирована.

Совершенно очевидно, что наступило время развития энергетики, которая бы не расточала природные ресурсы, а способствовала их сохранению и восстановлению. В основе новой энергетики должны лежать принципы создания комплексных энергетических установок на возобновляемых источниках энергии: ветро-, гидро-, био- и солнечных энергоисточниках. Будущее энергетики как основы цивилизации должно принадлежать ее экологической ветви.

УДК 66. 041

Е.Н. ГНЕЗДОВ, к.т.н., доцент, В.В. БУХМИРОВ, д.т.н., профессор,  
М.В. МУХИН, О.Е. НАЗАРОВА, А.С. КАЛИНИН, студенты  
(ИГЭУ)

## **Теплотехнологическое обследование туннельной печи для обжига керамического кирпича**

Выполнены работы по обследованию туннельной печи линии «С» ЗАО «Норский керамический завод» (г. Ярославль). В настоящее время основным обжигаемым изделием является камень керамический с размерами 250×120×138 мм и пустотностью до 39 %.

Печь имеет размеры рабочего пространства 106,9×4,6×1,4 м и разделена по длине на 3 технологические зоны: нагрева, обжига и охлаждения. Внутри печи по рельсовым путям проталкиваются вагонетки с установленными на каждой из них 8-ю пакетами керамических изделий.

Целью теплотехнологического обследования печи было измерение основных параметров ее работы и составление теплового баланса.

На этапе предварительного обследования выявились отклонения в конструкциях некоторых элементов от проекта. В частности, изменена система охлаждения металлоконструкций вагонеток, что привело к нарушению гидравлического режима работы печи. Кроме того, боковые отверстия для равномерно-распределенного подвода воздуха в межсводовое пространство были частично перекрыты и открыты люки сверху, а это повлекло за собой снижение эффективности охлаждения свода печи и уменьшение температуры воздуха, идущего на горение топлива. После оценочных измерений параметров работы печи и расчета статей теплового баланса имевшийся расходомер природного газа был заменен по нашей рекомендации на более точный с возможностью отдельного измерения расхода газа на теплогенераторы.

При измерении параметров работы печи использовались современные приборы с внутренней памятью и выходом на ПК, в том числе газоанализатор ДАГ-500, многоканальный регистратор «Терем-4», автономный миниатюрный регистратор температуры ТЛ-01, инфракрасный пирометр излучения С-300.

Результаты теплотехнологического обследования печи показали, что удельный расход условного топлива на обжиг керамических изделий составляет 190 кг у. т на 1000 шт. кирпича. В расходных статьях теплового баланса теплота выходящих из печи изделий составляет величину ~ 7,2 %, расход тепла с охлаждающим воздухом ~ 25,3 %, потери тепла с уходящими газами ~ 41,5 %, теплотери через кладку печи ~ 9,8 %.

По результатам обследования туннельной печи были даны конкретные рекомендации, направленные на улучшение теплотехнологии производства и снижение энергозатрат при обжиге керамических изделий.

## **О моделировании динамики тепловых процессов многослойных отсеков летательных аппаратов с уносом материала с поверхности**

Предложены математические модели динамики тепловых процессов многослойных отсеков летательных аппаратов, описывающие нагрев и унос материала с наружного слоя отсека (слой теплозащитного покрытия). Порядок аппроксимации граничных условий по координате предусмотрен первого и второго рода.

Конструкция состоит из  $m$  различных изотропных слоёв с постоянными физическими свойствами. Каждый  $j$ -й слой характеризуется своей толщиной ( $x_j$ ), коэффициентом теплопроводности ( $\lambda_j$ ), плотностью ( $\rho_j$ ) и удельной теплоёмкостью ( $c_j$ ). На наружной поверхности слоя 0 идёт унос материала. Закон уноса материала задается. На границах слоёв 0 и  $m$  граничные условия могут быть различными.

Разработаны различные разностные схемы моделирования динамики тепловых процессов в многослойной конструкции с подвижной внешней границей. При реализации разностной схемы на слое с подвижной внешней границей применён метод «резиновых координат».

Применяя метод «резиновых координат» к неявной и шеститочечной неявной разностной схеме может быть произведён расчёт температурного поля внутри отсека летательного аппарата с учётом уноса теплозащитного слоя.

По результатам моделирования предложена оптимальная толщина теплозащитного слоя в зависимости от времени полёта и скорости уноса.

Все модели объединены в один программный комплекс, графически представляющий выходные данные расчёта, которыми являются значения температур в любой момент времени в заданных точках по сечению на заданной длине отсека.

Разработанный программный комплекс может быть применён также для расчёта нагрева, охлаждения и плавления любых тел простой формы.



УДК 621.1.016.4

Е.А. ХОЛОСТОВ, студент, Н.Н. СМИРНОВ, ассистент,  
В.М. ЗАХАРОВ, к.т.н., доцент, А.В. БАННИКОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Регулирование отопления на промышленных предприятиях на основе управляемых свойств ограждающих конструкций**

Традиционный подход к регулированию отопительной нагрузки на промышленных предприятиях связан с изменением параметров теплоносителей на источнике теплоснабжения. По этой причине в централизованных системах теплоснабжения адресное обеспечение комфортных условий весьма проблематично. Кроме того, существуют определенные сложности в режимах работы теплогенерирующего оборудования. Перспективным в этой связи могут оказаться ограждающие конструкции с управляемыми теплотехническими свойствами.

Особый интерес представляет влияние различных светопрозрачных и металлических экранов и их размещение относительно каждого элемента конструкции окна на тепловые потери через него. Описания ряда таких устройств приведены в [1,2].

Существующие центральные или индивидуальные системы управления на основе фотоэлемента или программируемого таймера автоматически могут опускать защитные тепловые экраны в нужное время суток, обеспечив снижение тепловых потерь через окна. Данное обстоятельство весьма значимо, так как на промышленных предприятиях площадь оконных проемов составляет от 20 до 70 % от общей площади ограждающих конструкций.

Применение в темное или нерабочее время суток на промышленных предприятиях дежурного отопления, увеличенной рекуперации в системах вентиляции и тепловых металлических экранов, приведет к уменьшению отопительной нагрузки.

Окна с регулируемым сопротивлением на основе экранов не вызывают увеличения потребления электрической энергии на искусственное освещение в светлое время суток, что особенно актуально для производственных цехов с высокими нормами освещенности рабочих мест.

### **Литература**

1. **Захаров В.М.**, Яблоков В.М., Ладаев Н.М. Свидетельство на полезную модель №16011 от 07.03.2000. – Москва.
2. **Смирнов Н.Н.**, Холостов Е.А., Захаров В.М. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. 1–2 марта 2007 г.

УДК 697.4.004.2

В.Н. ДОРОФЕЕВ, к.т.н., доцент, В.М. МЕЛЬНИКОВ, к.т.н., доцент,  
В.Ф. НИКИШОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **К анализу тепловых режимов трубопроводов в водяных тепловых сетях**

Существующие способы прокладки стальных тепловых сетей (воздушная над землей, подземная – бесканальная и в непроходных каналах) характеризуются присущими им схемами отвода тепла от движущегося теплоносителя, причем для уменьшения его температуры и тепловых потерь в окружающую среду трубы покрываются тепловой изоляцией.

Для определения параметров теплообмена между теплоносителем и окружающей средой принимают расчетные модели, отражающие приблизительно совокупность тепло- массообменных процессов в конструкции теплопровода. Общая картина теплообмена включает процессы теплопроводности в твердом теле (теплоизоляции), естественной или вынужденной конвекции в воздушной среде (с учетом доли излучения), теплопереноса в грунте. При стационарном режиме работы теплопровода (в условиях эксплуатации) основу расчета составляют уравнения теплового баланса между тепловыми потоками на границах контактирующих (сопрягаемых) сред, причем каждой из них присуще свое термическое сопротивление.

В инженерной практике расчета замкнутая система балансовых уравнений теплопередачи в теплоизоляционной конструкции, не поддающаяся решению прямыми математическими методами, может быть реализована численными путем последовательных приближений при правильном выборе граничных (краевых) условий.

С использованием известных способов расчета (при учете особенностей видов прокладки сетей) и результатов инструментального энергетического обследования выполнен сравнительный анализ тепловых режимов работы городских распределительных водяных тепловых сетей с диаметрами труб 50-350 мм, что позволило определить их техническую и экономическую эффективность, а также пригодность ряда конструктивных решений (по материалу теплоизоляции, по чередованию ее слоев, по размерам и устройству канальных лотков) к условиям эксплуатации.

В тепловых расчетах распределительных сетей получены значения долей тепловых потерь через теплоизоляцию трубопроводов и с утесками теплоносителя от 2,5-3,5 % до 8-12 % (и выше до 30 % в отдельных случаях), из которых наиболее характерными (типичными) следует считать величины в 5-9 %.

УДК 620.9

О.Н. МАХОВ, к.т.н., В.И. СУББОТИН, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Об основных направлениях энергосбережения в системах теплоснабжения**

Основными направлениями энергосбережения являются модернизация ограждающих конструкций зданий, совершенствование существующих и применение новых видов теплоизоляционных материалов теплопроводов, повсеместный учет тепловой и электрической энергии, а также повышение эффективности основного оборудования теплоисточников.

Исследования показывают, что значительные потери при распределении теплоты между зданиями наблюдаются при централизованном теплоснабжении. График центрального регулирования теплоснабжения не может подходить для всех зданий, так как каждый дом имеет свои индивидуальные особенности. Для того чтобы регулировать подачу теплоты в соответствии с температурным графиком, в тепловых пунктах должна устанавливаться специальная автоматика. Однако в настоящее время, автоматизированных тепловых пунктов еще недостаточно, поэтому происходят большие потери при распределении теплоты. В большинстве случаев теплопроводы изолированы минеральной ватой, которая при попадании на нее воды быстро теряет свои изоляционные свойства. При транспортировке теплоносителя так же имеют место большие теплотери, поэтому фактические потери на обследованных теплотрассах составляют от 15 до 20 %.

В настоящее время новыми перспективными материалами являются пенополиуретан и ячеистый пенобетон в асбоцементной корке. Пенобетон является наиболее подходящим для наших условий. Коэффициент теплопроводности его несколько ниже, чем у пенополиуретана, и поэтому требуется большая толщина изоляции, однако он очень устойчив к влаге, в то время как пенополиуретан, при попадании влаги, начинает терять свои теплоизоляционные свойства и даже разрушается полностью. Расчеты показывают, что при хорошо выполненной теплоизоляции потери теплоты при транспортировке, даже на расстояние 10-12 км, составляют 2 %. Другим источником больших теплотерь являются котельные. КПД котлов, работающих на газе, превышает 90 %, тогда как этот же показатель у котлов, работающих на твердом топливе, составляет 70 %.

Следует отметить, что переоборудовав котельные, но не отремонтировав тепловые сети, и не наладив систему распределения и учета тепла и не утеплив здания до необходимого уровня, нельзя говорить об эффективности использования тепловой и электрической энергии.

## **К вопросу об определении потерь при транспортировке теплоносителя**

Тепловая сеть является одним из самых ответственных и технически сложным элементом системы теплоснабжения в городском хозяйстве и промышленности.

Для достижения максимального результата в экономии средств и ресурсов необходимо рассматривать весь комплекс технологических операций, связанных с доставкой теплоты потребителю. Конечная стоимость тепловой энергии значительно зависит от потерь теплоты при ее транспортировке.

В исследованиях, посвященных изучению теплотерь сетями, значительную роль может сыграть систематическое проведение поучастковых испытаний для выявления влияния индивидуальных условий рабочего режима отдельных участков сетей на величину теряемой в них теплоты. К этим условиям относятся: конструкция, влажностный и термический режимы тепловой изоляции, конструкция каналов, влажностный и термический режимы грунта и т.д.

Проведение подобных испытаний обеспечит возможность своевременного обнаружения и устранения неполадок в работе сетей, связанных с отклонениями от проектного рабочего режима; кроме того, постановка наблюдений за работой отдельных участков сети позволит выявить конструкции теплопроводов и тепловой изоляции, наилучшим образом удовлетворяющие теплотехническим требованиям в условиях работы при нормальном эксплуатационном режиме. Условия, при которых приходится производить определение потерь теплоты на отдельных участках сетей, имеют некоторые особенности: отдельные участки сетей не оборудованы расходомерами; ввиду сравнительно небольшой длины участков, падения температуры на них составляет незначительную величину, измеряемую десятками долями градуса.

Отсюда следует, что методика проведения поучастковых испытаний должна давать возможность определения расхода теплоносителя без расходомеров и обеспечивать достаточно высокую точность определения падения температуры на участках.

Известные в настоящее время методики, типичной чертой которых является необходимость создания установившегося температурного и гидравлического режимов теплоносителя при проведении испытаний, не удовлетворяют поставленным требованиям.

В данной работе дается решение проблемы поучастковых испытаний на основе обобщения упомянутых методик на область течения теплоносителя при неустановившемся температурном режиме.

УДК 519.6

В.И. СУББОТИН, к.т.н., профессор, Л.И. ТИМОШИН, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

Е.Л. ТИМОШИН, инженер  
(ОАО МБП СЛПК)

## **Частотное регулирование отпуска сжатого воздуха компрессорной станции**

На основании суточных графиков потребления сжатого воздуха потребителями крупного металлургического комбината были построены графики выработки по компрессорным станциям в рабочие и выходные дни. В выходные дни происходит снижение потребления сжатого воздуха, так как многие ремонтные службы имеют пятидневную рабочую неделю.

Анализ графиков показывает, что выработка сжатого воздуха в компрессорной №1 меняется в пределах 40 %, по компрессорной №2 – 6 %, по компрессорной №3 – 12,5 %, по компрессорной №4 – 20 %.

На компрессорных станциях регулирование подачи производится направляющим аппаратом на всасывании. Данный способ регулирования подачи энергетически не эффективен.

Автоматическое регулирование подачи и давления в компрессорных станциях лучше производить с использованием частотного регулирования. Оно предполагает изменение частоты вращения вала нагнетателя с изменением подачи и давления компрессора.

Проведенные исследования показали, что необходимым условием эффективной работы частотного регулятора является установка регуляторов давления у потребителей. Частотный регулятор изменяет число оборотов в зависимости от требуемой подачи, при этом давление на выходе из компрессоров должно превышать давление у потребителей.

Так в компрессорной №1 необходимо установить частотный преобразователь с возможностью переключения его на два воздушных компрессора. Таким образом, обеспечится постоянное в течение суток частотное регулирование производительности одного воздушного компрессора К-500 и, следовательно, всей компрессорной станции.

Экономия, получаемая в результате установки частотного регулятора, составит 2,4 млн руб/год.

Стоимость одного комплекта частотного преобразователя со вспомогательным оборудованием 7 млн руб. Срок окупаемости – 3 года.

УДК 699.86:697.133

Е.Г. АВДЮНИН, д.т.н., профессор, В.А. СЕРГЕЕВ, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

В.П. ГОРШЕНИН, к.т.н., с.н.с.  
(ОГАУ)

## Обоснование метода оптимизации мощности системы теплоснабжения

В России в настоящее время около 70 % потребляемой тепловой энергии производится централизованно – с использованием теплоисточников мощностью более 20 Гкал/ч. При этом до 40 % потребляемой тепловой энергии вырабатывается на ТЭЦ в рамках теплофикационного цикла. Техническое состояние тепловых сетей и качество их гидравлического режима во многом зависит от их протяженности и степени разветвленности.

Значительная протяженность и разветвленность тепловых сетей, недостаточно высокий уровень автоматизации местных инженерных систем приводят к нарушению требуемого потокораспределения и несогласованию режимов отпуска и потребления теплоты в СЦТ. Следствием этих негативных факторов является перерасход в СЦТ теплоносителя и, соответственно, электрической энергии.

Обоснование мощности систем централизованного теплоснабжения и, соответственно, их количества на территории населенного пункта позволяет обеспечить целесообразную протяженность теплопроводов тепловых сетей. Задача рассматривается как оптимизационная и решается методом пассивного поиска

По каждому варианту  $i$  населенный пункт делится на  $m$  равных частей (районов), площадью  $F_j$ . Для теплоснабжения каждой части населенного пункта находит применение своя система.

В качестве ограничения принимаются соотношения

$$F_n = mF_j \quad (F_j = (1/m)F_n); \quad Q_n = \sum Q_{nj}, \quad (1)$$

где  $F_n, F_j$  – площадь населенного пункта и его отдельной части;  $m$  – количество районов и обслуживающих их систем теплоснабжения;  $Q_n, Q_{nj}$  – среднее за срок службы системы потребленное годовое количество теплоты, (кВт·ч)/год.

В том случае, если в каждом варианте  $F_1=F_2=\dots=F_m, q_{уд}=\text{const}$  и  $Q_{n1}=Q_{n2}=\dots=Q_{nm}$ , то:

$$Q_n = mQ_{nj} = mq_{уд}F_j, \quad (2)$$

где  $q_{уд}$  – удельный расход потребленной теплоты, (кВт ч)/(м<sup>2</sup> год).

$$\pi_{уд} = \pi / (T_3 Q_n) = S + E_3 K_q, \quad \text{руб}/(\text{кВт ч}), \quad (3)$$

Величина  $\pi_{удj}$  по выражению (3) применительно к отдельной системе теплоснабжения по  $i$ -му варианту детализируется следующим образом (нижний индекс « $j$ » опускается):

$$\pi_{уд} = \pi_{уд1} + \pi_{уд2}, \quad (4)$$

где  $\pi_{уд1}$ ,  $\pi_{уд2}$  – удельные полные затраты, соответственно, на выработку тепловой энергии котельной и на ее транспортирование.

Решение задачи находится графическим путем. Для этого строится график зависимости  $\pi_{удj} = f(F_j)$  и по его минимуму определяется оптимальное значение величины  $F_j$ .

**Выводы:** Обоснован метод оптимизации мощности системы теплоснабжения. В качестве критерия оптимальности принят минимум удельных полных затрат на производство и транспортирование тепловой энергии. Задача решается с использованием метода пассивного поиска. Оптимизируемый параметр – количество систем теплоснабжения на территории проектируемого населенного пункта.

УДК 699.86:697.133

Е.Г. АДЮНИН, д.т.н., профессор  
(ИГЭУ)  
В.П. ГОРШЕНИН, к.т.н., с.н.с.  
(ОГАУ)

## Оптимизация режимных параметров тепловой сети

При централизованном теплоснабжении потребителей стоимость тепловой энергии в значительной мере определяется уровнем затрат, обусловленных транспортированием теплоносителя. В свою очередь, затраты, связанные с транспортированием теплоносителя, зависят от мощности системы теплоснабжения и принятого значения параметров его состояния.

Цель данного исследования – обоснование метода оптимизации параметров состояния теплоносителя, при которых обеспечиваются минимальные затраты материальных и энергетических ресурсов на реализацию процесса его транспортирования.

Принимается, что скорость  $v_2$  движения теплоносителя по второму кольцу на всех его участках имеет одно и тоже значение, решение поставленной задачи проводится с использованием в качестве критерия оптимальности минимума полных затрат  $\pi$ . Целевая функция имеет вид:

$$\pi_2 = a_{212} \Delta l_2 + a_{222} v_2^{-1} + a_{232} \Delta l_2^{-1} v_2^{-1} + a_{242} \Delta l_2^{-1} v_2^2, \quad (1)$$

где  $a_{212} = a_{ц2} / \Delta l_2 + k_{до}(1 - \Delta l_{2,э} / \Delta l_2)$ ;  $a_{ц2} = T_э(C_{з2} + C_{пр2}) + C_{дц2,э} + \beta_{ар} K_{об2,э}$ ;

$k_{до} = k_{дц2} + \beta_{ар} K_{об2}$ ;  $\beta_{ар} = 1 + T_э(\varphi + \alpha)$ ;  $a_{222} = b_{тр2} + b_{и2}$ ;  $a_{232} = a_{тр2} + a_{и2}$ ;

Решив систему уравнений:

$$\partial \pi_2 / \partial (\Delta l_2) = 0; \quad \partial \pi / \partial v_2 = 0, \quad (2)$$

определяют оптимальные значения величин  $\Delta l_2$  и  $v_2$ .

**Выводы:** Обоснован метод оптимизации параметров состояния теплоносителя в тепловых сетях. Его обоснование проводится путем постановки и решения оптимизационной задачи. В качестве критерия оптимальности принят минимум полных затрат на транспортирование тепловой энергии. Оптимизируемые параметры – перепад энтальпии и скорость движения теплоносителя.

УДК 620.9

Е.Г. АВДЮНИН, д.т.н., профессор, А.В. СЕРГЕЕВ, аспирант  
(ИГЭУ)  
В.П. ГОРШЕНИН, к.т.н., с.н.с.  
(ОГАУ)

## Оптимизация параметров работы водогрейных котлов

Система теплоснабжения может быть представлена в виде единой системы, состоящей из двух и более последовательно взаимосвязанных циркуляционных колец [1,2]. Принимая, что порядковый номер колец возрастает от источника теплоты к потребителю, в качестве первого циркуляционного кольца ( $k = 1$ ) рассматривается совокупность газоходов котельной установки; оно замыкается на окружающую среду и обеспечивает нагрев продуктами сгорания теплоносителя (воды) при его движении по трубам водяного тракта котла. Соответственно, трубы водяного тракта котла представляют собой начало второго циркуляционного кольца ( $k = 2$ ).

Наиболее адекватное решение рассматриваемой задачи будет наблюдаться при использовании в качестве критерия оптимальности минимума полных затрат  $\pi$  на реализацию процесса нагрева воды в котле. Величина  $\pi$  определяется следующим образом:

$$\pi_1 = K_1 + T_3 C_1, \quad (1)$$

где  $K_1$  – инвестиции в котельную установку с учетом её транспортирования, монтажа, капитальных ремонтов, демонтажа и пр., руб.;  $C_1$  – ежегодные эксплуатационные (текущие) затраты, руб/год.

Принимая во внимание известные соотношения, целевая функция записывается в виде выражения:

$$\pi_1 = a_{111} \Delta l_1 + a_{121} v_1^{-1} + a_{211} \Delta l_1^{-1} v_1^2 + a_{21s1} \Delta l_1^{-3} + a_{221} \Delta l_1^{-1}. \quad (2)$$



Продифференцировав целевую функцию  $\pi_1$  по всем её аргументам, получаем систему из двух алгебраических уравнений:

$$a_{111}\Delta_1^4 - a_{211}\Delta_1^2 v_1^2 - a_{221}\Delta_1^2 - 3a_{21s1} = 0; \quad (3)$$

$$2a_{211}v_1^3 - a_{121}\Delta_1 = 0. \quad (4)$$

Решение системы уравнений (3) и (4) позволяет определить оптимальные значения оптимизируемых параметров  $\Delta_1, v_1$ .

**Выводы:** В результате решения задачи разработан аналитический аппарат, обеспечивающий определение оптимальных параметров состояния продуктов сгорания в водогрейных котлах. В качестве критерия оптимальности при решении задачи принят минимум полных затрат на реализацию процесса нагрева воды.

УДК 621.548

В.Ю. ПРОНИН, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## КПД ветроколеса

Максимальный КПД идеального ветроколеса определяется критерием Бетца, который численно равен 0,593 и представляет из себя экстремум функции

$$C_N = 4e(1-e)^2, \quad (1)$$

где  $e$  – коэффициент торможения набегающего потока;  $C_N$  – коэффициент мощности ветроколеса

$$C_N = N_{BK}/N. \quad (2)$$

На практике значение коэффициента  $C_N$  даже для лучших по аэродинамическим показателям ветроколес находится в районе 0,4, т.е. разница между практикой и теорией составляет почти 50 %.

Классическая теория дает выражение (1), исходя из условия, что площадь поперечного сечения набегающего невозмущенного потока  $f$ , для которого определяется мощность  $N$ , равна площади сечения ветроколеса  $f_1$ . Однако, исходя из закона сохранения массы, при  $e > 0$  сечение  $f_1$  всегда больше сечения  $f$ .

Попытка учета закона сохранения массы при использовании значения  $C_N$ , рассчитанного по традиционной методике, сделана в работе [1], но полученное значение  $C_N = 0,889$  оказалось еще более далеким от практики. Г.Х. Сабинин, рассматривая энергию уходящего потока в сечении  $f_2$ , дал максимальное значение  $C_N = 0,687$ , что также трудно признать удовлетворительным.

Для уточнения максимального значения КПД определим поправку на разницу сечений  $f$  и  $f_1$  и введем ее в (1). Тогда коэффициент мощности примет вид:

$$C_N = 4e(1-e)^3. \quad (3)$$

Исследуя данную функцию на экстремумы, получим максимальное значение  $C_N = 0,422$ . То есть ветроколесо способно преобразовать в механическую энергию не более 42,2% энергии невозмущенного ветрового потока идентичного сечения.

#### Литература

1. **Твайделл Д.**, Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990.

УДК 621.321

А.Н. МАКАРОВ, д.т.н., профессор, Д.С. ПАВЛОВ, аспирант  
(ГТТУ, г. Тверь)

### **Аналитический метод расчета теплообмена в камере сгорания газотурбинных установок ТЭЦ**

Тепловой расчет камер сгорания (КС) газотурбинных установок (ГТУ) теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) осуществляется с целью определения тепловых нагрузок на поверхность пламенной трубы и температуры металла ее стенки [1]. Расчет производится на основе уравнения теплового баланса элемента стенки. В результате расчета определяют слагаемые уравнения теплового баланса и среднюю температуру стенки пламенной трубы. Расчет осуществляют методом итерации, задаваясь новыми значениями температуры пламенной трубы и скорости охлаждающего воздуха. При этом используют результаты экспериментальных исследований теплообмена в КС сходной конструкции. Полный расчет КС производят с помощью шести самостоятельных программ расчета: теплового, горелки, форсунки, гидравлического, выгорания топлива, температуры стенки [1].

Продолжение развития методики теплового расчета КС является разработанный в последние годы аналитический метод расчета теплообмена в КС ГТУ [2]. Метод расчета теплообмена в КС ГТУ основан на геометрической, физической и математической моделях факела как источника теплового излучения в виде излучающего эллипсоида вращения, разделенного при расчете на излучающие цилиндры в соответствии с распределением изотерм по объему факела [3]. Факел в КС ГТУ при математическом моделировании теплообмена может быть представлен объемным телом в виде излучающих цилиндров, мощность и расположение которых зависят от распределения изотерм в КС. С по-

мощью математической модели факела как источника теплового излучения рассчитывают распределение плотностей результирующих потоков нагрева по длине КС. С помощью существующей методики [1,2] определяют распределение плотностей результирующих конвективных потоков охлаждения по длине КС. Данные расчетов плотностей результирующих потоков нагрева и охлаждения поверхностей КС хорошо согласуются с данными измерения температур стенок [3].

### Литература

1. **РТМ 108.022.11-83.** Установки газотурбинные и парогазовые. Расчет и проектирование камер сгорания.
2. **Макаров А.Н.,** Чернышев Д.В., Воропаев В.В. Расчет теплообмена в камере сгорания стационарной газотурбинной установки. – Промышленная энергетика. – 2006. – №1. – С.31-36.
3. **Макаров А.Н.** Теплообмен в электродуговых и факельных печах и топках паровых котлов. – Тверь: ТГТУ, 2003.

УДК 621.321

К.А. ЖИДИЛОВ, главный конструктор по теплотехнике,  
А.С. ХРЯПЧЕНКОВ, к.т.н., профессор  
(Нижегородский машиностроительный завод)

## Экономичная система регулирования тепловой энергии котельной с двухконтурными котлами

Отличительной особенностью котельной с двухконтурными котлами, которые еще имеют название в литературе – «вакуумный водонагреватель» [1], является отсутствие требований к температуре обратной сетевой воды. Это определяет возможность организации прямого регулирования мощности изменением расхода газа через горелку. В котельных, работающих только на теплоснабжение, такой способ регулирования не только целесообразен, но и необходим, так как он же способствует увеличению КПД за счет увеличения температурного перепада между продуктами сгорания и водой.

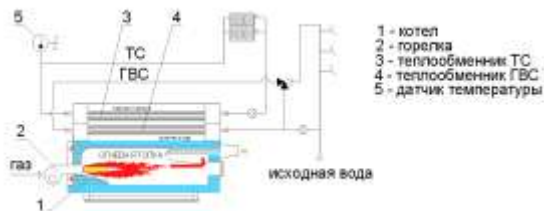


Рис. 1. Котельная ТС + ГВС

Несколько хуже обстоят дела при работе котельной на две нагрузки – ТС и ГВС. Обычно в этом случае производят регулирование мощности котла по закону  $t_k = \text{const}$ , а регулирование отпускаемой потребителю мощности осуществляется путем подмеса обратной воды. Для этого необходимы два регулятора расхода или один регулятор расхода на ТС и один регулятор температуры на ГВС [2]. Ввиду того, что нагрузка ГВС может меняться скачкообразно от 0 до  $t_{\max}$  за короткий промежуток времени, возможны провалы по температуре воды на выходе из теплообменника ТС при максимальном водоразборе ГВС, срыв конденсационного режима котла и как следствие – потеря мощности. Отсюда ставится задача регулирования – держать постоянной мощность ТС при изменении нагрузки ГВС.

Однако и в этом случае возможна реализация прямого регулирования при размещении теплообменника ГВС на трубопроводе прямой воды ТС. При этом среднесуточный режим ГВС реализуется штатным образом за счет изменения температуры греющей воды, а пиковая мощность – за счет ТС, что в среднем за сутки по энергии составит менее 15 % и не может привести к дискомфорту потребителей. Более того, такая система позволяет сэкономить соответствующую часть газа только за счет ликвидации постоянных перетоков в ТС [ ].

#### Литература

1. **Егоров Н.** Отопление и ГВС. Еще раз о вакуумных котлах. – АКВА-ТЕРМ. – №4. – 2005.
2. **Григорьев И., Киселев В.** Отопление и ГВС. Пароконденсационные котлы ОАО «НМЗ». – АКВА-ТЕРМ. – №6. – 2004.

УДК 621.321

В.В. ПРОВОРОВ, главный конструктор  
(ОАО «НМЗ»)  
С.И. ПОТКОВ, д.т.н., профессор  
(НГАСУ)

### Новый подход к проектированию жаротрубных двухконтурных водогрейных котлов

При заданных значениях температуры  $t_1$  и расхода продуктов сгорания  $m$  на входе в конвективную часть котла (выход из топки) можно получить приближенное решение для длины  $l$  и количества  $n$  труб в зависимости от основных параметров, таких как диаметр труб  $d$ , допустимое значение аэродинамического сопротивления  $\Delta P$ , коэффициента интенсификации теплообмена  $k_{\text{и}}$  (размерность в системе СИ).

$$l = 68,5d^{1,2} \left[ \Delta P / \left( 5\sqrt{x} (k_{и} + 0,585(1 - 1/k_{и})) \right) \right]^{0,2} x / k_{и}, \quad (1)$$

где  $x = \ln((t_1 - t_k)/(t_2 - t_k))$ ,  $t_k$  – температура воды (пара) в котле.

$$n = 5m\sqrt{x} (k_{и} + 0,585(1 - 1/k_{и})) / (\Delta P d^2) \quad (2)$$

Расчеты относительных параметров сведены в таблице 1, откуда видна сильная зависимость массы и длины труб конвективной части от выходной температуры продуктов сгорания  $t_2$ . Допустимая температура  $t_2$  определяется в первую очередь значением КПД топки и конвективной части котла.

Таблица 1. Относительная длина труб конвективной части в зависимости от выходной температуры продуктов сгорания

Наименование	Значение параметра				
Температура $t_2$ , °С	120	200	250	300	500
$l / l_{\max}$	1	0,567	0,49	0,427	0,287
$n / n_{\max}$	1	0,75	0,7	0,65	0,537

В жаротрубных котлах для увеличения эффективности и снижения массогабаритных характеристик обычно используется экономайзер из биметалла, который целесообразно размещать в зоне максимально допустимой температуры продуктов сгорания, при которой еще гарантированно обеспечивается контакт биметаллического спая (стыка). По расчетам эта температура равна  $\sim 500^\circ\text{C}$ , что согласно табл. 1 приводит к значительному уменьшению длины конвективной части котла.

Таким образом, при увеличении суммарного КПД котла за счет экономайзера и повышения температурного перепада на его входе достигается суммарная экономия металла, одновременно почти вдвое уменьшаются габариты котла.

#### Литература

1. **Жидилов К.А.** и др. Водогрейные котлы с кипящей водой низкого давления со встроенными теплообменниками // Новости теплоснабжения. – №10. – 2006.

УДК 677.8

А.А. КОЗЛОВ, аспирант  
(ИГТА)

И.А. КОЗЛОВА, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Энергосберегающие технологии в процессах промывки текстильных материалов**

Повышение эффективности работы красильно-отделочного производства во многом зависит от эффективности работы теплотехнических установок. Процесс промывки – один из самых водо- и энергоемких процессов отделочного производства текстильной промышленности, во многом определяющий себестоимость и качество готового материала. Разработка математических моделей теплотехнических установок промывки материалов различного уровня на основе системного подхода является актуальной задачей.

Модель должна учитывать эффективность процесса промывки хлопчатобумажных тканей за счёт интенсификации массообмена при существенной экономии электроэнергии, сокращении расхода промывных и сточных вод. В качестве целевой функции можно использовать экономические параметры (себестоимость продукции) или энергетические (удельные затраты суммарной энергии).

В настоящее время разработана постановка такой задачи для промывки текстильных материалов. Реализация задачи в виде математической программы позволит создать математическую модель, на основе которой можно будет решить оптимизационные задачи режимов работы отделочного и сопряжённого с ним оборудования с учётом всех технологических ограничений производства.

Методы оптимизации можно комбинировать. Весьма эффективным является применение ультразвука. Применительно к промывке текстильных материалов этот способ изучен недостаточно. Поставлена задача исследования процесса промывки ткани на экспериментальной установке. Колебания ультразвукового диапазона частот, создаваемые магнитострикционными преобразователями, способствуют разрушению диффузионного пограничного слоя в системе ткань – промывной раствор, активизируют гидродинамику процесса и повышают температуру промывного раствора за счёт кавитации.

### **Литература**

1. **Процессы** промывки тканей и методы их интенсификации / Б.С. Сажин, Ф.Л. Альтер-Песоцкий, В.А. Реутский, В.А. Афанасьев, А.В. Рыжаков, Л.Ф. Ковалёва, В.И. Смирнов, М.Б. Конькова // Лёгкая и пищевая промышленность. – 1984. – 176 с.
2. **Смирнов В.И.**, Калабин Н.Ф., Халезов С.Л. Промывка тканей: кинетика процесса, интенсификация, методы технологического расчёта. – Иваново: ИГТА, 2006. – 256 с.

УДК 620.92

Ю.В. КАЛЯЗИН, к.т.н., доцент  
(ПГПУ)

## К оценке эффективности тепловой работы солнечного коллектора

Тепловой коллектор наиболее доступное устройство для использования солнечного излучения [1]. Применение прозрачного покрытия тепловоспринимающей поверхности позволяет повысить эффективность его работы.

В работе рассматривается влияние количества слоев покрытия на теплообмен в коллекторе. В расчетах учитывается только лучистый теплообмен. Расчетная схема состоит из адиабатно изолированной теплопоглощающей поверхности, над которой находятся прозрачные покрытия. Сквозь них в установку поступает поток солнечного излучения  $q_0$ .

Окружающая среда представляется как сфера, которая имеет степень черноты 1. Учитывая сопоставительный характер исследования, принимаем, что тепловоспринимающая поверхность серая ( $\varepsilon_1$ ), все поверхности в коллекторе параллельные бесконечные плоскости, покрытие имеет селективные спектральные характеристики (степень черноты). Оценка тепловой эффективности проводится по равновесной температуре теплопоглощающей поверхности, которая определяется из уравнения теплового баланса:

$$q_0 = \varepsilon_1 \sum_{i=1}^n F_i \cdot (1 - \varepsilon_i)^n = \frac{\xi_0}{\frac{1}{\varepsilon_1} + n \left( \frac{2}{\varepsilon_2} - 1 \right)} (T_1^4 - T_5^4) \quad (1)$$

где  $F_i$  – доля энергии излучения в « $i$ »-м диапазоне длин волн;  $\varepsilon_i$  – степень черноты покрытия в « $i$ »-м диапазоне;  $n$  – количество слоев покрытия;  $\varepsilon_2$  – степень черноты покрытия в инфракрасном диапазоне (от 4 мкм до  $\infty$ ).

В расчетах лучистая температура солнечного излучения принималась 5800 К. Степень черноты покрытия (стекло разной толщины от 1 до 10 мм) заимствованы в [1]. Степень черноты теплопоглощающей поверхности принимаем 0,9. Результаты расчетов при  $q_0 = 1000 \text{ Вт/м}^2$  приведены в таблице.

### Результаты расчетов равновесной температуры солнечного коллектора

Степень черноты стекла для $\lambda$ от 0 до 2 мкм	Количество слоев покрытия									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,1	452	489	507	522	532	539	542	544	544,5	543
0,15	446	472	487	495	497,2	496				
0,2	440	460	467,8	467	464					

Заметим, что при отсутствии покрытия для этого случая равновесная температура составляет 394 К. Во всех случаях применение даже одного слоя покрытия позволяет повысить эффективность коллектора на 12...15 % в зависимости от мощности солнечного излучения и толщины покрытия (стекла). Кроме того, выявляется экстремум по количеству слоев стекла, причем с увеличением толщины покрытия это значение уменьшается. Так для  $\delta = 1$  мм, оптимум составил 9 слоев при общей эффективности около 20 %, а при  $\delta = 10$  мм, оптимум составил 3 слоя при повышении равновесной температуры на 6,0 %.

Таким образом, для прозрачного покрытия коллекторов следует применять материалы, которые по своим радиационным свойствам, приближаются к идеальному покрытию:  $\varepsilon(0... 4 \text{ мкм}) = 0$ ;  $\varepsilon(4... \infty \text{ мкм}) = 1$ .

#### Литература

1. **Алексеев Г.И.** Общая теплотехника. – М.: Высш. шк., 1980. – 552 с.
2. **Зигель Р.**, Хауэлл Дж. Теплообмен излучением. – М.: Мир, 1975. – С. 934.

УДК 669.162

В.С. ГЛАЗОВ, к.т.н., доцент, С.С. ФЕДОТОВА, студентка  
(ИГЭУ)

### Математическое моделирование системы мокрой очистки доменного газа

Система мокрой газоочистки (МГО) – звено технологической схемы утилизации потенциальной энергии избыточного давления доменного газа. Функциональное назначение МГО – приведение параметров доменного газа к нормативным значениям по загрязненности, температуре и влажности. Основными её элементами (модулями) являются: полый форсуночный скруббер, скруббер Вентури, дроссельная группа с водоотделителем и циклон водоотделителя.

В задачу научно-исследовательской работы входило:

- Анализ информационной базы реальной работы систем МГО на ОАО «СеверСталь» и формирование блока исходных данных для математического моделирования.
- Изучение опыта применения природных алгоритмов в научных исследованиях [1].
- Разработка теоретической, регрессионной и нейросетевой моделей процессов, протекающих в элементах (агрегатах) системы МГО.
- Ранжировка и выбор модели для постановки и решения задач оптимизации с целевыми функциями, отвечающим теплотехническим, экономическим и экологическим критериям.



В результате проведенной работы было разработано:

- Математическая модель газоочистки доменного газа, базирующаяся на информационной базе кафедры ЭТГ ИГЭУ работы МГО ОАО «СеверСталь», обзорных статьях и справочной литературе, посвященных работе газоочистного оборудования [2].
- Табличный и графический материал по диапазонам варьирования факторов, обеспечивающих оптимальную работу газоочистки на ОАО «СеверСталь» в соответствии с принятыми целевыми функциями и параметрами доменного газа на входе системы МГО.
- Программа для моделирования тепломассообменных процессов в элементах системы МГО с оценкой эффективности пылеулавливания.

#### Литература

1. **Ярушкина Н.Г.** Основы теории нечетких и гибридных систем: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
2. **Швыдкий В.С.,** Ладыгичев М.Г. Очистка газов: Справочное издание. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 640 с.

УДК 621.438

В.С. ГЛАЗОВ, к.т.н., доцент, Т.А. ЛОГИНОВА, студентка (ИГЭУ)

## Нейросетевая технология в определении эффективных режимов работы ГУБТ на доменном газе

Экономический кризис, постоянный рост цен и тарифов на энергоносители предъявляет повышенные требования к эффективности работы различных энерготехнологических систем и агрегатов. На металлургических предприятиях стали широко применяться утилизационные технологии. Так на «Северстали» используется технологическая цепочка утилизации потенциальной энергии избыточного давления доменного газа (ДП-ГО-ГУБТ). Поскольку турбина не вышла на проектную мощность, появилась необходимость провести исследования, которые бы позволили найти оптимальные режимы ее работы, приводящие к повышению её мощности.

Исходными данными при рассмотрении данной задачи являются состав, расход и температура доменного газа на входе в турбину, его давление на входе и выходе из него, а также углы поворота управляющих лопаток турбины, температура и давление окружающей среды. Выходными данными – мощность турбины, Вт, и удельный расход энергоносителя, кг/(Вт·ч). В качестве универсального аппроксиматора был использован пакет «Statistica Neural Networks».

В ходе выполнения НИР было установлено:

- зависимость активной мощности на клеммах генератора от располагаемой политропной мощности,
- зависимость расхода доменного газа от отношения давлений на входе и выхлопе турбины.

Были так же установлены параметры и функции, определяющие оптимальную работу ГУБТ–25, при варьировании угла поворота направляющих лопаток турбины в области  $49-54^\circ$ , а именно

- оптимальное отношение давлений на входе и выхлопе турбины,
- расход газа через турбину, соответствующий оптимальному соотношению давлений,
- функция для определения максимальной политропической мощности турбины,
- функция для определения максимальной приведенной мощности на муфте генератора,
- функция для определения максимального КПД на муфте генератора.

Кроме того, полученные результаты были сопоставлены с данными других исследователей, использующих нейросетевую технологию. Анализ показал, что отличие выходных данных в основном связано с морфологией сети, выбором переменных и областью их варьирования.

## СЕКЦИЯ 9. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И МЖУ

УДК 621.313.3

В.П. ШЕВЧУК, к.т.н., доцент  
(Мирнинский политехнический институт)

### **Влияние высших гармоник на эксплуатационную надежность электрических машин**

Надежность и эффективность работы электрооборудования является основной задачей не только в процессе эксплуатации, но и закладывается в ходе проектирования энергообъектов. Анализ схемы электроснабжения подземного рудника «Мир» АК «АЛРОСА» (ЗАО) показывает, что при проектировании не были учтены требования к качеству напряжения на секциях 6,3 кВ, к которым подключены регулируемые электроприводы и мощные преобразовательные агрегаты с разной пульсностью выпрямителей.

При работе асинхронных двигателей в условиях несинусоидальности напряжения снижается их коэффициент мощности и вращающий момент на валу. Амплитуды 5-й и 7-й гармоник генерируемых 6-ти пульсным выпрямителем составляют соответственно ~20 % и 15 % амплитуды основной гармоники, то коэффициент мощности двигателя уменьшается в среднем на 2,6 % в сравнении с его значением при синусоидальном напряжении. Моменты, развиваемые высшими гармониками, незначительны, однако во избежание недопустимого превышения температуры изоляции асинхронных двигателей при наличии дополнительных потерь от высших гармоник необходимо уменьшать нагрузку на валу.

Искажения формы напряжения заметно сказываются на возникновении и протекании ионизационных процессов в изоляции электрических машин и трансформаторов. При наличии газовых включений в изоляции возникает ионизация, сущность которой заключается в образовании объемных зарядов и последующей их нейтрализации. Нейтрализация зарядов связана с рассеянием энергии, следствием которого является электрическое, механическое и химическое воздействие на диэлектрик. Следовательно, в изоляции возникают местные дефекты, что приводит к снижению электрической прочности, возрастанию диэлектрических потерь и к сокращению срока службы.

Подробные многолетние исследования показывают, что наличие высших гармоник в сетях электроснабжения промышленных предприятий при «заостренной» форме кривой напряжения по сравнению с синусоидальной приводит к ускоренному тепловому старению изоляции электрических машин и трансформаторов.

Для обеспечения эксплуатационной надежности электрооборудования требуется принятие специальных мер, улучшающих электромагнитную обстановку и уменьшающих влияние установленных в сети 6,3 кВ регулируемых электроприводов.

УДК 621.313.3

С.И. ПРИСЯЖНЮК, к.т.н., доцент, Н.П. ХАРИШ, ст. преподаватель  
(ПГТУ, г. Пятигорск)

## Определение параметров межмолекулярного взаимодействия для n-пентана

Наиболее часто используемым при расчете теплофизических свойств газов, включая явления переноса, является потенциал Леннарда-Джонса (6-12)  $\Phi(r) = 4\varepsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$ , где  $\sigma$  – есть значение  $r$ ,

при котором  $\Phi(r)=0$ ,  $\varepsilon$  – глубина потенциальной ямы. Для многоатомных молекул необходима более реалистичная модель, однако из-за значительных усложнений расчетов довольно часто применяют форму потенциала Леннарда-Джонса и к более сложным веществам. Основой для определения  $\varepsilon$  и  $\sigma$  могут служить экспериментальные данные о коэффициентах переноса, в частности, о вязкости. Интересно также сравнить полученные величины с данными, определенными из других свойств, например из второго вириального коэффициента. Методы определения, как в первом, так и во втором случае весьма схожи. Зная вид решения Чепмена-Энскового и значения вязкости для n-пентана [1] методом переноса осей можно найти коэффициенты  $\varepsilon$  и  $\sigma$  для потенциала (6-12). Аналогично  $\varepsilon$  и  $\sigma$  находятся из значений второго вириального коэффициента  $B(T)$  и на основании величин плотности [2]. Температурный интервал изменения  $B(T)$  из [2] совпадает с интервалом для  $\eta$  из наших данных [1]. Значения параметров межмолекулярного взаимодействия для потенциала Леннарда-Джонса получились следующими: согласно данным о вязкости n-пентана,  $\varepsilon/k = 346$  К;  $\sigma = 5,77$  Å; согласно второму вириальному коэффициенту  $\varepsilon/k = 272$  К,  $\sigma = 7,12$  Å. Анализ  $\varepsilon/k$  и  $\sigma$  говорит о том, что значения вязкости, рассчитанные для второй пары параметров, занижены к нашим на 25-30 %. Эти отличия объясняются различной чувствительностью коэффициента вязкости и второго вириального коэффициента к различным областям потенциальной кривой межмолекулярного взаимодействия. Кроме того, начинает играть роль «нереалистичность» самого вида потенциала. Более точное описание приводит к модельному эффективному потенциалу также типа (6-12), с зависящими от температуры параметрами  $\varepsilon(T)$  и  $\sigma(T)$ . Для определения кривых  $\varepsilon(T)$  и  $\sigma(T)$  была использована методика, предложенная Каменецким [3]. Согласно этой методике и данным о вязкости и второму вириальному коэффициенту были найдены температурные зависимости параметров эффективного потенциала Леннарда-Джонса (6-12). Отклонения аналогичных зависимостей в (4) от наших параметров достигают для  $\varepsilon/k$  3 %, а для  $\sigma$  1,5 %. В пересчете на вязкость расхождение находится на уровне 1 %, что соответствует погрешностям опытов.

### Литература

1. **Григорьев Б.А.**, Керамиди А.С., Присяжнюк С.И. Вязкость нормального пентана в газовой фазе. Рук. деп. в справочно-информационном фонде отделения НИИТЭХИМ. № 217-х.п. 8.9. – Черкассы, 1989. – 25 с.
2. **Васильев Ю.Л.** Плотность н-пентана и н-гептана от тройной точки до температур термических превращений: Дис... канд. техн. наук. – Грозный, 1985. – 150 с.
3. **Каменецкий В.Р.** О вычислении коэффициента вязкости умеренно сжатых газов // ИФЖ. – 1974. – Т. 26. – № 5. – С.844–848.
4. **Кессельман П.М.**, Каменецкий В.Р., Якуб Е.С. Свойства переноса реальных газов. – Киев: Выща школа, 1976. – 152 с.

УДК 621.313.333

Д.М. ГЛУХОВ, к.т.н., ст. преподаватель  
(ГПУ, ЭЛТИ, г. Томск)

## Вероятность безотказной работы многофазного асинхронного электропривода

Проблема надёжности современного электропривода (ЭП) является одной из приоритетных, особенно когда речь идёт о специальных установках, где принципиальная работоспособность системы жизненно необходима. На сегодня развитие микропроцессорной техники приводит к активной замене ЭП постоянного тока на асинхронный ЭП, так как уже реально получить аналогичные или даже более высокие характеристики в ЭП переменного тока, по сравнению с ЭП на основе машин постоянного тока.

При этом надёжность трёхфазного ЭП была недостаточной из-за особенностей причин отказов АД – более 95 % отказов приходится на обмотку статора. Научные изыскания в области повышения надёжности асинхронного ЭП выявили одну из возможностей повышения его надёжности, а именно увеличением числа фаз статорной обмотки асинхронного двигателя (АД). При этом ранее было показано, что статорную обмотку выгодно выполнять расщеплённой на трёхфазные группы. Отсюда следует принцип управления многофазными АД – многофазный преобразователь частоты (ПЧ), в состав которого помимо микропроцессора входят стандартные трёхфазные IPM модули. Таким образом, многофазный асинхронный ЭП (МАЭП) состоит из многофазного АД и многофазного ПЧ.

Оценка надёжности подобных ЭП делалась и ранее, но при этом не учитывалась его структурная схема вероятности безотказной работы. Нами была сделана попытка создания математической модели (ММ) надёжности МАЭП с учётом расщеплённости обмотки статора АД

и наличия трёхфазных IPM модулей, входящих в структуру многофазного асинхронного ЭП.

В результате расчётов, основанных на разработанной нами MM вероятности безотказной работы МАЭП можно сделать вывод о том, что расщепление статорной обмотки АД, входящего в состав МАЭП, на трёхфазные группы приводит к значительному росту надёжности всей системы, по сравнению с трёхфазными ЭП.

#### Литература

1. **Глухов Д.М.**, Муравлёва О.О. Математическая модель надёжности многофазных асинхронных двигателей. В материалах Известия ВУЗов. Электротехника. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2006. – №3. – С.20-22.

УДК 621.313.13

Ю.Б. КАЗАКОВ, д.т.н., профессор, А.А. ЛАЗАРЕВ, аспирант (ИГЭУ)  
С.К. ГНУТОВ, инженер (СФ СамГТУ)

### **Опытная реконструкция индуктора магнитоэлектрического стартерного электродвигателя**

Большинство стартерных электродвигателей имеют последовательное электромагнитное возбуждение. У них затруднен запуск двигателей внутреннего сгорания при низких температурах. Из-за свойств аккумуляторной батареи с понижением температуры снижается пусковой ток. Пусковой момент снижается в большей степени. Сегодня в ВАЗовских автомобилях начинают применяться стартеры с магнитоэлектрической системой возбуждения, содержащей ферритовые магниты 22БА220 толщиной 9 мм. У таких магнитов невысокие магнитные свойства и с понижением температуры также снижается пусковой момент, но в меньшей степени, чем для стартеров с электромагнитным последовательным возбуждением.

Предполагается применение высокоэнергетических магнитов NdFeB. Магниты NdFeB имеют предельные магнитные свойства и обладают отрицательной температурной зависимостью магнитных свойств. При низкой температуре система возбуждения будет создавать повышенный магнитный поток и обеспечит большой пусковой момент даже при сниженном токе якоря стартера. Для экспериментальной проверки в НПО «Магнетон» были изготовлены рассчитанные для стартера 5702.3708 магниты NdFeB. Они имеют ту же ширину и длину, но толщина составляла 1,2 мм. Для использования старой станины пришлось выполнить дополнительный полюсный наконечник.

Опыты проводились на стенде Э242, предназначенном для проверки электрооборудования автомобилей. Стенд позволяет испытывать стартеры в режиме холостого хода и пуска. Все контрольные стартерные приборы проверены. Частота вращения вала стартера в режиме холостого хода фиксируется при помощи стробоскопа или ручного тахометра. Результаты измерений тока ( $I_0$ ) и частоты вращения холостого хода ( $n_0$ ), пускового момента ( $M_n$ ) стандартного стартера 5702.3708 и стартера с реконструированной системой возбуждения при разных температурах пуска приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

Температура пуска, °С	t = 20°С		t = 0°С		t = - 20°С	
	22БА220	NdFeB	22БА220	NdFeB	22БА220	NdFeB
$I_0$ , А	82	112	80	122	72	128
$n_0$ , об/м	10900	10500	11000	9700	11000	8900
$M_n$ , нм	4,6	4,8	4,3	4,9	4,1	5,0

УДК 681.3.06

В.П. ШИШКИН, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## Разработка и исследование торцевого магнитоэлектрического генератора

Доклад посвящен разработке и исследованию торцевого синхронного магнитоэлектрического генератора с кольцевой обмоткой якоря для ветроэнергетических установок мощностью до 5 кВт.

Генератор состоит из статора и двух роторов. Сердечник статора выполнен в виде тороида, получаемого путем навивки ленты из электротехнической стали на оправку. Сердечник закреплен на неподвижном валу, который имеет центральное отверстие для вывода концов обмотки на клемную коробку. Сердечники каждого ротора выполнены из конструкционной стали тоже в виде тороидов, ширина которых равна длине постоянного магнита. Постоянные магниты представляют собой кольцевые секторы. Они приклеиваются к сердечнику специальным клеем. Сердечники винтами с потайными головками привинчиваются к внутренней стороне подшипниковых щитов. Щиты выполнены из алюминиевого сплава. В них устанавливаются подшипники с постоянно заполненной смазкой и двумя защитными шайбами. Подшипниковый щит, противоположный опоре, закрывается крышкой, на которой имеется цилиндрический выступ, принимающий вращение редуктора, соединенного с ветроколесом.

На данный момент разработана методика автоматизированного проектирования подобных генераторов в среде Microsoft Excel и завершен расчет серии генераторов мощностью 0,5-2 кВт, с номинальной частотой вращения 1000 об/мин.

С помощью программного комплекса ELCUT было исследовано магнитное поле в зазоре генератора в режиме холостого хода и нагрузки, поле продольной и поперечной реакции якоря, поле рассеяния обмотки статора. Полученные картины позволили уточнить формулы для расчета проводимостей по осям  $d$  и  $q$ , индуктивного сопротивления рассеяния обмотки, что для магнитоэлектрических машин имеет не маловажное значение.

УДК 621.313

А.К. ГРОМОВ, к.т.н., профессор, А.Г. ЕРШОВ, инженер, А.В. ЛИХАЧЕВА, инженер (ИГЭУ)

## **Информационно-методическое обеспечение учебной дисциплины «Электромеханическое преобразование энергии»**

Группой авторов разработан компьютерный учебник «Электромеханическое преобразование энергии». Пособие содержит текстовый материал, рисунки, таблицы, диаграммы, анимационное сопровождение основных понятий курса, контрольные вопросы и блок виртуальных лабораторных работ.

Является известным и установленным, что скорость и качество усвоения знаний студентами при использовании компьютерных учебных пособий увеличивается в среднем на 40 % по сравнению с изучением материала по традиционным учебникам.

Поэтому представляемое учебное пособие способствует:

- повышению уровня знаний и успеваемости по одной из основных дисциплин специальности «Электромеханика»;
- развитию общих способностей специалиста-электромеханика к накоплению, усвоению и использованию знаний;
- тестированию, оценке и управлению учебным процессом.

Анимационное сопровождение учебного материала включает:

- демонстрацию процессов изменения энергии, запасенной в магнитном поле, и проявления электромагнитных сил;
- представление об образовании движущихся (вращающихся) магнитных полей;
- пояснения условий образования электромагнитного момента, в среднем отличного от нуля;



- иллюстрации устройств и принципов работы различных типов электрических машин;
- пояснения последовательности и результатов преобразования координатных осей при анализе процессов в синхронных машинах.

Блок лабораторных работ представляют:

- имитационное моделирование процессов в явнополюсном синхронном генераторе и двигателе постоянного тока;
- исследование установившихся и переходных процессов в асинхронных машинах (используются две математические модели – в фазовых и преобразованных координатах).

Внедрение компьютерного пособия позволяет использовать возможности новых образовательных технологий на базе информационных структур – виртуально-тренинговых.

УДК 621.313

М.Н. ШУРЫГИН, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Надежность обмотки статора как элемент технического задания на проектирование асинхронного двигателя**

Увеличение срока службы асинхронных двигателей (АД) и повышение их надежности часто обеспечивают большой экономический эффект, чем улучшение КПД и  $\cos\phi$ . С другой стороны, повышение надежности неизбежно приводит к увеличению стоимости машины. Поэтому продолжительность ее эксплуатации должна быть оптимальной.

Отказы всыпной обмотки статора АД малой и средней мощности составляют 85–95 % от общего числа отказов двигателей, причем подавляющее число отказов вызывается пробоем межвитковой изоляции.

В модели надежности отказов всыпной обмотки АД [1] принято, что отказ происходит в результате короткого замыкания (виткового, корпусного, межфазового), которое возникает при дефектах изоляции.

В результате коммутационных перенапряжений при пуске, реверсе происходит перекрытие промежутков между токоведущими частями в местах дефектов, которые распределяются по длине провода в соответствии с законом Пуассона.

Надежность межвитковой изоляции рассчитывается по формуле

$$P_{\text{МВ}} = (1 - P_{\text{К}})^{\ell l_{\text{эл}}}, \quad (1)$$

где  $\ell$  – общая длина пар соседних витков в обмотке;  $l_{\text{эл}}$  – длина элементарного участка;  $P_{\text{К}}$  – вероятность возникновения короткого замыкания

витковой изоляции в течение расчетного времени  $t$ , определяемая по выражению

$$P_K = 2\ell_{\text{эл}}^2 q q_u f_{\text{вк}} (\lambda_0^2 t + \lambda_0 v_B t^2 + 0,33 v_B^2 t^3), \quad (2)$$

где  $q$  – вероятность касания соседних витков;  $q_u$  – вероятность отказа витковой изоляции при воздействии одного импульса перенапряжений на секции;  $f_{\text{вк}}$  – частота включений;  $\lambda_0$  – дефектность витковой изоляции;  $v_B$  – скорость роста дефектности витковой изоляции.

Испытания на надежность являются достаточно длительными и дорогостоящими. Поэтому в большинстве случаев они не могут предоставить оперативной информации для коррекции параметров на стадии проектирования двигателя.

Проблема коррекции существенно упрощается, если надежность обмотки статора рассматривать как элемент технического задания на стадии проектирования АД.

#### Литература

1. **Проектирование** электрических машин / О.Д. Гольдберг [и др.]. – М.: Высш. шк., 1984. – 431 с.

УДК 628.16:537.84

Ю.И. СТРАДОМСКИЙ, к.т.н., доцент, Д. ШИКАЛЕВ, студент (ИГЭУ)

### Исследование эффекта выталкивания немагнитных тел из магнитной жидкости

Данный эффект используется в магнитожидкостных сепараторах, применяемых для разделения немагнитных материалов по плотности. Условием всплытия (или погружения) немагнитной частицы с плотностью  $\rho$  будет выполнения неравенства:

$$\rho \cdot g < (>) [\rho_{\text{ж}} \cdot g + \mu_0 \cdot M \cdot |\nabla H|],$$

где  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность МЖ;  $M$  – ее намагниченность;  $\nabla H$  – градиент напряженности магнитного поля в точке расположения немагнитной частицы.

Для обоснования расчетной модели магнитожидкостного сепаратора было проведено экспериментальное исследование эффекта выталкивания свинцовой частицы из МЖ. Неоднородное магнитное поле создавалось между полюсными наконечниками с гиперболическим профилем, обеспечивающим примерно постоянное значение  $|\nabla H|$  в рабочем зазоре экспериментального устройства, моделирующего рабо-

ту магнитожидкостного сепаратора. Эксперимент производился в следующей последовательности:

1) в рабочем зазоре создавалось поле, обеспечивающее плавание свинцовой частицы на поверхности МЖ (максимальное значение индукции в расширяющемся зазоре составляло 0,6 Тл);

2) в рабочий зазор помещался сосуд цилиндрической формы, в который заливалась МЖ на воде с намагниченностью насыщения порядка 16 кА/м;

3) на поверхность МЖ опускалась свинцовая частица;

4) ток возбуждения уменьшался до такого значения, при котором свинцовая частица полностью погружалась в МЖ, оставаясь вблизи свободной поверхности МЖ;

5) для этого тока возбуждения с помощью датчика Холла измерялось распределение индукции  $B(z)$  по высоте МЖ;

6) после отключения тока возбуждения сливалась МЖ из рабочего зазора и для нее измерялась зависимость  $M(H)$ .

По полученным данным определялись значения  $M$  и  $|\nabla H|$  в месте расположения свинцовой частицы, и проверялось равенство в формуле (2). Отличие составило 15 %, что является приемлемым для выполнения инженерных расчетов.

УДК 621.314

А.Н. ЛАПИН, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Особенности инженерного проектирования трансформаторного оборудования**

Трансформаторное оборудование широко используется в энергетике и разнообразных промышленных установках.

В настоящее время наблюдается тенденция к значительному обновлению парка трансформаторов. Ожидается существенное увеличение номенклатуры таких изделий, связанное с учетом особенностей разнообразных потребителей.

К современному трансформатору предъявляются все более жесткие требования: высокие энергетические показатели, устойчивость к перегрузкам, компактность, экологическая чистота и безопасность для окружающих.

В условиях обостряющейся конкуренции между производителями важными являются низкая себестоимость, возможно более краткий цикл проектирования и производства, минимальные эксплуатационные затраты.

Обеспечение высоких потребительских качеств трансформаторного оборудования и снижение сроков разработки возможно при изменении подхода к традиционным методам проектирования.

Из некоторого множества мероприятий здесь можно выделить:

- увеличение достоверности исходных данных за счет увеличения количества и объема входящей информации;
- применение методик проектирования, не содержащих приближенных вычислений и эмпирических данных;
- использование стохастической модели для вероятностного анализа объекта проектирования.

Использование современных быстродействующих компьютерных средств позволит решить поставленные выше задачи.

Особенно заметный вклад в дело повышения качества может внести реализация алгоритмов вероятностного анализа.

Здесь возможны:

- поиск рациональных значений допусков на параметры активных материалов изделия;
- имитация испытаний готовой продукции с учетом воздействия технологических и эксплуатационных факторов.

В этом случае появляется возможность прогнозировать разброс значений параметров и процент бракованных изделий, не прибегая к натурным испытаниям готовых трансформаторов. Такая информация может быть использована для активного воздействия на технологический процесс и позволит повысить его эффективность без использования дорогостоящих материальных ресурсов.

УДК 621.313

В.И. САМОНИН, к.т.н., доцент, А.И. ТИХОНОВ, к.т.н., доцент (ИГЭУ)

## **Диалоговое проектирование силовых трансформаторов на основе визуальной информации**

Одной из важнейших задач оптимизационного проектирования силовых трансформаторов является поиск оптимального варианта геометрии обмоток и магнитопровода по заданному заказчиком критерию оптимальности и ограничениям по ряду параметров.

Выполнение этих условий требует от проектировщика глубокой проработки вопросов проектирования как на этапе оптимизации геометрии, так и при детальном расчете оптимального варианта на этапе конструирования обмоток и магнитопровода.

Из изложенного выше следует, что базовым этапом является этап оптимизации геометрии, так как ошибки в выборе геометрии на этом этапе приведут к потерям на этапе детального проектирования.

Отсюда вывод, что используемая на данном этапе математическая модель должна с высокой точностью отражать физические явления в трансформаторе и при этом давать возможность наглядно и быстро проанализировать все возможные варианты решений.

Такая математическая модель разработана на кафедре электромеханики ИГЭУ и представляет собой систему уравнений, связывающих заданную мощность трансформатора и линейные напряжения обмоток с принятыми независимыми переменными, к числу которых относятся коэффициенты геометрии  $\beta$ ,  $k_1$ ,  $d_c$  и электромагнитной нагрузки (индукция в стержне  $B_c$ )

$$S_1, U_1, U_2 = f(\beta, k_1, d_c, B_c).$$

Решение данной системы позволяет найти возможные соотношения независимых переменных в принятом диапазоне их изменения, как без ограничений, так и с ограничениями. Ограничения могут накладываться, в частности, на такие параметры, как тепловой режим ( $q$ ), потери холостого хода ( $P_0$ ), потери короткого замыкания ( $P_k$ ), ток холостого хода ( $i_0\%$ ), напряжение короткого замыкания ( $u_k\%$ ) и т.п. При этом за критерий оптимальности при выборе окончательного режима могут быть приняты: минимум стоимости, активных материалов, габаритного объема, затрат на эксплуатацию, максимум КПД и т.д.

Методика также позволяет при невозможности получения решения, удовлетворяющего одновременно всем ограничениям, обосновать оптимальность по заданному критерию и необходимость расширения границ ограничений по любому параметру. Методика позволяет быстро и наглядно с использованием визуальной информации найти приемлемое решение, а по данным оптимизации выполнить детальное проектирование трансформатора.

## **Моделирование электромеханических процессов в синхронном явнополюсном двигателе при несимметрии и несинусоидальности питающего напряжения**

Рассматривается трехфазная явнополюсная синхронная машина с полной демпферной обмоткой и продольной обмоткой возбуждения.

Математической моделью установившихся и переходных процессов в машине является система дифференциальных уравнений, составленная из уравнений равновесия напряжений фаз и уравнения движения. Модель реализована в системе фазных (естественных) координат. Обмотки ротора приведены к обмотке статора. Принято, что ток каждой фазы определяет только основную гармоническую поля фазы. Не учитывается насыщение участков магнитной цепи и эффект вытеснения тока.

Модель позволяет исследовать процессы пуска и установившиеся режимы работы синхронного двигателя при несимметрии и несинусоидальности питающего напряжения, при несимметрии параметров фаз обмоток статора и ротора. Рассчитываются мгновенные значения токов, электрической мощности, электромагнитного момента, скорости ротора, потери в обмотках, механическая работа, потребляемая электрическая энергия, продолжительность переходного процесса.

Представлены результаты исследования переходных и установившихся процессов в синхронных двигателях. Приведены динамические и установившиеся характеристики. Показано влияние несинусоидальности и несимметрии питающего напряжения на величину ударного тока, продолжительность переходного процесса, на величину потерь, на спектр и величину высших гармонических токов, на частоту и величину пульсаций электромагнитного момента.

УДК 621.313.32

В.Н. КАРАУЛОВ, к.т.н., доцент, Е.Е. ШАРЫГИН, магистр.  
(ИГЭУ)

## **Уточненный анализ процессов преобразования энергии в установившихся и динамических режимах асинхронного двигателя**

Рассматривается трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. При уточненном анализе процесса преобразования энергии в машине учитываются несимметрия и несинусоидальность напряжения на зажимах, насыщение магнитной цепи машины, изменение параметров двигателя в динамических режимах вследствие поверхностного эффекта и насыщения коронок зубцов, эксцентриситет зазора между статором и ротором.

В модели принято, что токи каждой фазы определяют только основную гармоническую поля фазы. Сумма основных гармонических полей, созданных фазами, определяет результирующее поле в зазоре и насыщение магнитной цепи. Активные сопротивления ротора рассчитываются с учетом вытеснения тока в стержнях по основной гармонической тока.

При анализе используется система фазных координат. Потокосцепления фаз определяются мгновенными значениями собственных и взаимных индуктивностей фаз, рассчитанных с учетом эксцентриситета зазора.

Рассчитываются мгновенные значения токов, мощности, электромагнитного момента, скорости ротора, потери в обмотках, механическая работа, потребляемая электрическая энергия, продолжительность переходного процесса.

Модель позволяет исследовать процессы пуска, реверса, установившиеся и переходные режимы работы при небалансе и несинусоидальности питающего напряжения, при обрыве фазы, при несимметрии параметров фаз, обусловленной влиянием эксцентриситета зазора между статором и ротором.

Представлены результаты исследования переходных и установившихся процессов в асинхронных двигателях. Приведены динамические и установившиеся характеристики. Показано влияние пересеченных факторов на величину ударного тока, продолжительность переходного процесса, на величину потерь, на спектр и величину высших гармонических токов, на частоту и величину пульсаций электромагнитного момента.

УДК 621.316

А.И. ТИХОНОВ, к.т.н., Д.А. КЛИМОВ, ассистент, А.М. ШУРЫГИН, ассистент (ИГЭУ)

## Моделирование переходных процессов трансформатора

Проектирование силовых трансформаторов является сложным оптимизационным процессом. Для повышения уровня оптимизационных вычислений создаются специализированные САПР. Однако большинство таких систем основано на методиках расчета, используемых при «ручном» проектировании. В связи с этим моделирование динамических режимов работы проектируемого устройства зачастую не проводится. Исследование переходных процессов трансформатора еще на стадии проектирования позволяет оценить качество проекта и является актуальной темой в настоящее время.

Для получения точных результатов расчета динамически изменяющихся параметров трансформатора предлагается использовать метод конечных элементов (МКЭ) как систему расчета магнитного поля и эквивалентные схемы замещения электрической цепи. По полученным в ходе проектного расчета параметрам строится образ магнитной системы трансформатора с целью проведения расчета его магнитного поля. Используя МКЭ проводится ряд расчетов магнитного поля при всевозможных вариациях намагничивающих сил (НС) в стержнях трансформатора. При этом пределы изменения НС определяются значениями многократно превосходящими амплитудные значения НС фаз. После проведения такого расчета формируем матрицы потокосцеплений обмоток, которые можно записать как функции вида:

$$\Psi_A = f(F_1, F_2, F_3), \dots, \Psi_C = f(F_1, F_2, F_3). \quad (1)$$

По законам Кирхгофа формируем систему дифференциальных уравнений, описывающую параметры эквивалентной схемы замещения электрической цепи трансформатора. Коэффициенты индуктивной связи обмоток представляем как

$$L_{ij} = W_j \frac{\partial \Psi_i}{\partial F_n}, \quad (2)$$

где  $L_{ij}$  – коэффициент индуктивной связи  $i$ -й и  $j$ -й обмоток;  $F_n$  – НС стержня, на котором располагается  $j$ -я обмотка.

Для расчета коэффициентов  $L_{ij}$  используются функции определения величины соответствующих частных производных в данной точке трехмерного сплайна, аппроксимирующего соответствующую матрицу потокосцеплений. Решение сформированной ранее системы дифференциальных уравнений производится методами численного интегрирования.

Представленный метод расчета переходных процессов можно использовать для вычислений токов в моменты нормального и аварийного функционирования трансформатора при любых режимах нагрузки.



УДК 621.313

А.И. ТИХОНОВ, к.т.н., доцент, Г.В. ПОПОВ, д.т.н., профессор,  
А.В. БЕЛЯЕВ, аспирант, И.М. ЛАШМАНОВ, ст. преподаватель  
(ИГЭУ)

## **Расчет на прочность гофробака масляного трансформатора в среде COSMOS**

Одним из наиболее сложных и ответственных моментов при проектировании трансформаторов с гофробаками является оценка прочности гофробака, который имеет герметичную конструкцию, в которой отсутствует расширитель и выхлопная труба. Тепловое расширение масла компенсируется расширением гофр.

Была поставлена задача с помощью современных средств математического моделирования рассчитать на прочность конструкцию гофробака в режиме внезапного виткового короткого замыкания.

Была разработана математическая модель, позволяющая определить время и характер протекания процесса виткового короткого замыкания и количество выделившегося при этом тепла. Кроме того, был разработан математический аппарат, построенный на основе анализа химических процессов, возникающих при термическом разложении масла в области виткового КЗ. Это позволило рассчитать давление, возникающее в гофробаке при найденном количестве выделившегося тепла. При этих условиях необходимо было рассчитать поле механических усилий, возникающих в отдельных элементах гофробака.

В качестве среды моделирования использовалась система расчета физических полей методом конечных элементов COSMOS, интегрированная в систему твердотельного конструирования SolidWorks. Система позволяет рассчитывать на прочность с учетом нелинейности характеристик твердых сред как объемные твердотельные, так оболочечные модели, к которым можно отнести модель гофробака. Система была протестирована на простых задачах, имеющих аналитическое решение.

Анализ задачи и возможностей системы моделирования показал, что задача расчета всего гофробака оказывается слишком сложной. В то же время анализ особенности конструкции бака позволил выявить наиболее опасный участок – крайние гофры на большой стенке. Была построена и исследована оболочечная модель данной гофры.

В результате расчета удалось получить картину деформаций, соответствующую реальному эксперименту. Были найдены наиболее опасные участки гофры, а также давления, при которых усилия растяжения на этих участках превышают предел текучести стали гофробака. Причем это предельное давление оказалось в три раза меньше того, которое было получено в результате расчета процессов разложения масла. Таким образом, были устранены все сомнения в плане установок дополнительных средств защиты конструкции.

## **Построение электрической схемы замещения тепловых процессов асинхронного двигателя защищенного исполнения**

Одним из наиболее сложных вопросов проектирования электрических машин является тепловой расчет. Традиционно он осуществляется с использованием тепловых схем замещения. Это приводит к идее использовать для расчета тепловых цепей хорошо отработанный математический аппарат расчета электрических цепей. Однако между тепловыми и электрическими цепями, существует ряд отличий:

1) источник теплового потока (тепловые потери) может иметь несколько; выходов, число которых равно числу направлений отвода тепла, источник же электрического тока имеет лишь два вывода.

2) в ветви с последовательно соединенными источниками тепла потоки на разных участках не равны, в то время как в электрической цепи при последовательном соединении любых элементов ток постоянен.

Из теории подобия следует, что если для какого-либо теплового процесса удастся построить такую электрическую схему, которая описывается одинаковой по форме системой уравнений, то задачу расчета тепловых процессов можно решать путем моделирования процессов в данной электрической цепи.

Была проделана работа анализу формальных аналогий в системах уравнений, описывающих тепловые процессы и процессы в электрических цепях. Разработаны правила построения электрической схемы замещения на основе тепловой, в частности:

1) задаются масштабные коэффициенты связи между тепловым потоком тепловой цепи и электрическим током электрической цепи, между мощностями тепловых потерь и напряжениями источников ЭДС, между тепловым и электрическим сопротивлениями и т.п.;

2) на месте источника теплового потока в эквивалентной электрической цепи ставится узел, в который входит ветвь от эквивалентного источника тока, при этом свободный вывод источника тока заземляется;

3) тепловые сопротивления заменяются электрическими без какого-либо изменения топологии схемы;

4) индуктивности в ветвях рассчитываются исходя из расчета постоянной времени теплового процесса на данном участке.

На основе данных принципов была разработана электрическая схема замещения тепловых процессов в асинхронном двигателе. Ее достоинства по сравнению с традиционными методами расчета тепловых цепей в том, что она может быть реализована в любой системе имитации работы электрических цепей, например, в Workbench или Simulink.

УДК 621.313

Д.В. РУБЦОВ, инженер, Ю.Б. КАЗАКОВ, д.т.н., профессор,  
А.И. ТИХОНОВ, к.т.н., доцент, С.Ю. КУЧЕРОВ, ст. преподаватель,  
И.М. ЛАШМАНОВ, ст. преподаватель  
(ИГЭУ)

## **Организация лабораторного практикума по курсу электромеханики с использованием средств дистанционного обучения**

Одним из приоритетных направлений повышения качества образования является интенсификация самостоятельной работы студентов. В то же время появились мощные и доступные системы, позволяющие организовать процесс дистанционного обучения в соответствии с современными требованиями к качеству образования. Эти системы позволяют, в частности, не только преподавать теоретический материал и оценить полученные знания в форме тестов, но и оптимально организовать живое общение студентов как друг с другом, так и с преподавателем, ведущим курс.

С 2000 г. на кафедре электромеханики ведется работа по созданию виртуального лабораторного стенда, позволяющего создать максимально полную имитацию операций с реальными лабораторными стендами, используемыми на лабораторных работах в курсе электромеханики.

Данный стенд может использоваться также в качестве тренажера или системы научных исследований. Математический аппарат, описывающий поведение приборов опирается на сложные наукоемкие методы моделирования динамических процессов в электромеханических устройствах с учетом нелинейности характеристик, наличия гистерезиса, нетрадиционных исполнений магнитной системы, разного рода несимметрий и т.п.

В настоящее время ведется работа по созданию Web-версии системы. Виртуальный лабораторный стенд будет являться не просто игрой с заданными возможными состояниями и процессами, а системой имитации электромеханических цепей, которая поддерживается математическим аппаратом, обеспечивающим адекватное поведение устройств в различных режимах, в том числе и заранее не предполагавшихся. В то же время интерфейсные средства стенда позволят осуществлять работу в игровом режиме, делая ее одновременно и интересной и познавательной.

Лабораторный практикум будет развернут в рамках системы Moodle, в которой будет реализована формальная часть проекта, подсистемы тестирования студентов, база данных с результатами работы студентов, анализ статистики. Студенту будет доступна интернет-версия виртуального лабораторного стенда, последовательности заданий и контролей в соответствии с планом организации учебного процесса.

УДК 621.313

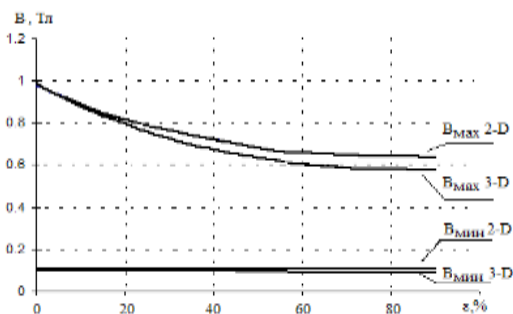
А.Г. ЕРШОВ, инженер, Ю.Б. КАЗАКОВ, д.т.н., профессор,  
С.М. ПЕРМИНОВ, к.т.н.  
(ИГЭУ)

## Трехмерное моделирование магнитного поля магнитожидкостного герметизатора с учетом эксцентриситета вала

На распределение магнитного поля в зазоре магнитожидкостного герметизатора (МЖГ) влияет величина эксцентриситета вала ( $\varepsilon$ ). Максимальный удерживаемый перепад давления МЖГ определяется индукциями  $B_{\text{MAX}}$  и  $B_{\text{MIN}}$  в зоне наибольшего зазора. Для нелинейного магнитного поля учет эксцентриситета вала при двухмерном моделировании и строгих допущениях невозможен.

Выполнено трехмерное моделирование нелинейного магнитного поля МЖГ в среде Femlab при разных эксцентриситетах и с учетом перераспределения магнитного потока в зону малых зазоров. Модель содержала несколько сотен тысяч трехмерных элементов. Для сравнения также было выполнено двухмерное моделирование магнитного поля МЖГ. На рисунке представлены графики изменения  $B_{\text{MAX}}$  и  $B_{\text{MIN}}$  при изменении эксцентриситета от 0 до 98 % номинального зазора ( $\delta$ ) в области с наибольшим зазором на расстоянии  $0.01 \delta$  от поверхности вала для двухмерной (2-D) и трехмерной (3-D) моделей.

При отсутствии учета перераспределения магнитного потока в зону малого зазора (модель 2-D)  $B_{\text{MAX}}$  оказывается завышенной, погрешность достигает 15 % при предельных  $\varepsilon$ .  $B_{\text{MIN}}$  для обеих моделей практически совпадает и от эксцентриситета зависит слабо. Соответственно использование двухмерных моделей нелинейного магнитного поля МЖГ при больших эксцентриситетах приводит к завышению максимального удерживаемого перепада давления до 15 %.



Изменение индукций  $B_{\text{MAX}}$  и  $B_{\text{MIN}}$  в зависимости от эксцентриситета вала для двухмерной (2-D) и трехмерной моделей (3-D) магнитного поля МЖГ

## **Моделирование переходных процессов в насыщенных асинхронных машинах с применением полевой модели для расчета параметров рассеяния**

Быстрое развитие науки и техники сопровождается широким внедрением автоматизации и дистанционного управления. Вместе с тем рабочие процессы усложняются, что требует более подробного изучения переходных процессов в электрических машинах.

Предлагаемая работа посвящена развитию разработанной динамической модели асинхронной машины. Модель предназначена для расчета переходных процессов асинхронных машин в нелинейной постановке. Возможно задание различных режимов питания, режимов электрической и механической нагрузок. В основе модели лежит реальная геометрия зубцового слоя, что позволяет учесть влияние на электромагнитные процессы двусторонней зубчатости сердечников и изменение конфигурации зазора при вращении ротора. Распределение МДС на поверхности статора (ротора) имеет дискретный характер и определяется типом обмотки. Обмотки могут быть как симметричными, так и несимметричными. Магнитная проводимость между зубцами статора и ротора рассчитывается через площадь их взаимного перекрытия с учетом скоса и раскрытия пазов.

Для расчета параметров рассеяния применяется конечно-элементная модель ELCUT. Из полевого расчета получены индуктивности пазового и дифференциального рассеяния, а также активные сопротивления стержней беличьей клетки с учетом эффекта вытеснения тока. Данные параметры являются функциями нескольких переменных, а именно: положения ротора, частоты тока короткозамкнутой обмотки, магнитных проницаемостей соседних зубцов статора (ротора), участка ярма между ними, зубцов ротора (статора). Полученные данные могут многократно использоваться в основной программе для расчета различных динамических режимов.

В ходе проверки модели было выявлено, что индуктивности пазового и дифференциального рассеяния сильно завышены. Причиной тому является неучет насыщения коронок зубцов полями рассеяния и допущение о равномерности насыщения зубцов. Таким образом, модель применима лишь для машин с открытыми пазами. Устранение указанных недостатков возможно, если в качестве варьируемых параметров использовать положение ротора, частоту тока (для короткозамкнутой обмотки), ток паза статора и ток противоположного паза ротора. В этом случае будет учтено реальное распределение магнитной проницаемости в участках окружающих паз. В этом и заключается дальнейшее развитие модели.

УДК 537.84:532.135

Н.И. КРЫЛОВ, к.т.н., доцент, А.М. ШУРЫГИН, ассистент,  
М.Н. ШУРЫГИН, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## Магнитореологический демпфер

Выпускаемые промышленностью средства вибродемпфирования предназначены для снижения уровня вибраций объекта в узком частотном диапазоне. При этом такие устройства отличаются значительными габаритами, которые иногда соизмеримы с габаритами виброизолируемого объекта.

В то же время средства вибродемпфирования объектов, сконструированные на основе магнитореологической суспензии (МРС), являются достаточно компактными и обеспечивают эффективную виброизоляцию в диапазоне частот до 5000 Гц. Типовая модель демпфера на основе МРС представлена на рис. 1.

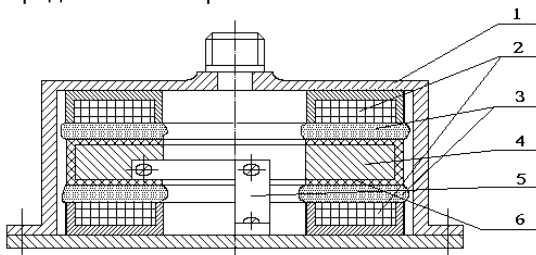


Рис. 1. Типовая модель демпфера на основе МРС: 1 – корпус, являющийся одновременно магнитопроводом; 2 – катушки управления; 3 – магнитореологическая суспензия; 4 – подвижная масса, связанная с колеблющимся объектом; 5 – пружина; 6 – тонкий слой резины

Демпфер на основе МРС проявляет свои демпфирующие свойства только при подаче электрического тока на катушки управления. При этом если величина тока различная, то и частотный диапазон, в котором функционирует демпфер, также различный. Поэтому особенность практического применения такого демпфера заключается в следующем: проводится исследование частотного диапазона, в котором функционирует колеблющийся объект, определяются его основные частоты, которые необходимо подавить, и затем демпфер настраивается на частотный диапазон, в котором осуществляется эффективное виброгашение, величиной тока, подаваемого на катушки управления.

Указанная особенность определяет преимущество демпфера на основе МРС перед другими средствами виброизоляции: не нужно изменять конструкцию демпфера – достаточно лишь изменить величину тока в катушках управления.

УДК 537.84:532.135

Н.И. КРЫЛОВ, к.т.н., доцент, А.М. ШУРЫГИН, ассистент,  
М.Н. ШУРЫГИН, к.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## Анализ магнитного состояния диссипативной среды магнитореологического виброизолятора

В магнитореологическом виброisolаторе (МРВИ) с переменными частотными характеристиками функцию диссипативного элемента выполняет магнитореологическая суспензия (МРС).

Под действием магнитного поля ферромагнитные частицы МРС поляризуются, взаимодействуя между собой, объединяются в агрегативные структуры, ориентированные вдоль силовых линий магнитного поля. В результате структурообразования вязкость МРС увеличивается на несколько порядков, и МРС приобретает пластические свойства.

Магнитореологический эффект проявляется в том, что диполь-дипольное взаимодействие частиц дисперсной фазы приводит к увеличению эффективной силы трения между соседними слоями МРС, и происходит гидродинамическая перестройка течения МРС в рабочем канале МРВИ с образованием вязко-пластичной жидкости. Постоянная времени этого процесса определяется временем распределения сдвиговой волны ( $7 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$  с.) поперек рабочего канала. Таким образом, магнитореологический эффект практически не вносит запаздывания в систему управления МРВИ.

Для увеличения ресурса работы МРВИ необходимо, с одной стороны, снижать магнитореологический эффект, отрицательное воздействие которого проявляется в перераспределении концентрации частиц МРС, отторжении жидкости-носителя, с другой стороны, для увеличения управляемости вязкостью МРС магнитореологический эффект нуждается в усилении. Оптимальное значение магнитореологического эффекта достигается посредством расчета магнитного поля.

Кривая намагничивания МРС аппроксимируется зависимостью

$$M = \frac{M_s H}{H_t + H} \quad (1)$$

Если известны пределы изменения  $H$ , можно построить кривую намагничивания, подставив в (1) следующие выражения:

$$M_s = \frac{M_1 M_2 (H_2 - H_1)}{M_1 H_2 - M_2 H_1}, \quad (2)$$

$$H_t = \frac{H_1 H_2 (M_2 - M_1)}{M_1 H_2 - M_2 H_1}, \quad (3)$$

где  $M_1$ ,  $M_2$  – экспериментальные значения намагниченности при напряженности магнитного поля  $H_1$ ,  $H_2$ .

УДК 621.538

Ю.Б. КАЗАКОВ, д.т.н., профессор, С.М. ПЕРМИНОВ, к.т.н., зав. ПНИЛ ПФГД (ИГЭУ)

## **Способы формирования рабочей зоны магнитожидкостного уплотнения магнитопроводящего вала**

Параметры магнитожидкостных герметизаторов определяются характером распределения магнитного поля в рабочем зазоре и свойствами магнитных жидкостей. Магнитное поле в рабочем зазоре может создаваться различными способами. Наиболее простым из них является размещение в зазоре между двумя герметизируемыми поверхностями многожильного кольцевого проводника, охватывающего вал [1]. При протекании тока через проводник вокруг него создается замкнутое магнитное поле, которое удерживает магнитную жидкость. Если поверхности, образующие зазор, выполнены из магнитопроводящего материала, то в зазоре можно создать максимум две магнитожидкостные пробки, причем не высокой эффективности.

Повысить удерживающую способность магнитожидкостного герметизатора на основе проводника с током можно, разместив в зазоре сдвоенный проводник, причем в рядом расположенных проводниках ток должен иметь встречную направленность. По сравнению с одновитковым проводником, данное исполнение позволяет сконцентрировать магнитный поток, создаваемый соседними витками, в узком пространстве между ними и повысить максимальную напряженность магнитного поля в зазоре. Число магнитожидкостных пробок в зазоре соответствует количеству проводников в зазоре плюс один.

Многокольцевой барьер можно реализовать с помощью втулки из магнитотвердого материала с чередующимися вдоль оси герметизатора кольцевыми участками разноименной полярности [2]. Использование в качестве источника магнитного поля постоянного магнита обеспечивает надежность герметизатора (устраняется возможность обесточивания цепи питания) и безопасность его эксплуатации. Достичь высокой напряженности магнитного поля в зазоре такая конструкция не позволяет из-за невозможности обеспечить качественное многополюсное намагничивание сплошной втулки. Данный недостаток устранен в системе, где втулка разбита на элементарные кольцевые магниты, намагничивающиеся по отдельности [3]. Это обеспечивает высокоэффективное использование постоянного магнита и повышение концентрации магнитного потока в области полюсов. Введение между одноименными полюсами соседних магнитов проставок из магнитомягкого материала дополнительно повышает эффективность системы.

Наибольшее распространение в практике получил рабочий зазор, где магнитное создается внешним источником - катушкой намагничивания или постоянным магнитом. Магнитный поток подводится к за-



зору и преобразуется в неоднородное путем размещения на одной или обоих из образующих зазор поверхностей, концентраторов магнитного потока, которые выполнены в виде зубцов, выступов или образованы сопряженными канавками на поверхностях [4]. Таким способом в зазоре достигается волнообразное распределение напряженности магнитного поля. В зонах с максимальной напряженностью магнитного поля располагаются магнитожидкостные пробки. Достоинством данного варианта рабочей зоны является простота исполнения и относительно высокая удерживающая способность.

Повысить эффективность такого зазора, примерно, на 20 % позволяет введение в области между концентраторами немагнитных колец, вытесняющих свободные поверхности магнитожидкостных пробок в зоны с пониженной напряженностью поля, эти зоны находятся у основания концентраторов [5].

Наиболее эффективной на сегодняшний день является система, предлагаемая в работе [6]. На одной из поверхностей образующих зазор выполнены кольцевые пазы, а на противоположной герметично установлены немагнитные диски, заходящие в пазы с зазором. Роль паза заключается не в изменении напряженности магнитного поля в зазоре, а в создании полого пространства в теле полюсной приставки, окруженного с трех сторон средой с высокой магнитной проницаемостью. В глубине паза при отсутствии насыщения стали полюсных приставок, достигается нулевая напряженность магнитного поля. Диски смещают свободную поверхность магнитожидкостной пробки в паз, где поле равно нулю. Магнитожидкостная пробка в такой системе удерживает максимально возможный перепад давлений, определяемый только  $H_{\max}$ , независимо от размеров паза и самой магнитожидкостной пробки.

#### Литература

1. **Авторское** свидетельства СССР №1151743, М.кл. F16 J 15|40, 1985.
2. **Авторское** свидетельства СССР №717458, М.кл. F16 J 15|40, 1980.
3. **Авторское** свидетельства СССР №1308803, М.кл. F16 J 15|40, 1987.
4. **Патент** США № 3620585, кл.3620585,1, 1973.
5. **Авторское** свидетельства СССР №1174649, М.кл. F16 J 15|40, 1985.
6. **Заявка** на изобретение РФ №2006112326, МКИ F16 J 15|40, 2006.

УДК 621.538

Ю.Б. КАЗАКОВ, д.т.н., профессор,  
С.М. ПЕРМИНОВ, к.т.н., зав. ПНИЛ ПФГД  
(ИГЭУ)

## **Совершенствование рабочей зоны магнитожидкостного герметизатора немагнитопроводящего вала**

Немагнитопроводящий вал исключается из магнитной цепи магнитной системы магнитожидкостного герметизатора, что не позволяет эффективно концентрировать магнитное поле в рабочем зазоре. Поэтому при создании магнитожидкостных герметизаторов немагнитопроводящего вала различными способами формируют зоны повышенной напряженности магнитного поля вблизи поверхности вала.

Наиболее простым и известным является концентрация магнитного поля с помощью двух полюсных наконечников разноименной полярности [1]. При этом в зазоре создается одна магнитожидкостная пробка с удерживающей способностью, примерно, на порядок меньшей, чем в системе с магнитопроводящим валом. Количество магнитожидкостных пробок данного принципа позволяют увеличить системы, разработанные в работах [2] и [3].

Повысить удерживающую способность одной магнитожидкостной пробки удастся с помощью немагнитного диска, пронизываемого магнитным потоком, проходящим между разноименными полюсами [4].

Третий тип рабочей зоны основан на принципе краевого эффекта, когда на кромке магнитной системы наблюдается всплеск напряженности магнитного поля [5].

Наиболее эффективной на сегодняшний день является система, состоящая из набора постоянных магнитов со встречным расположением полюсов [6]. Магнитные потоки соседних магнитов выдавливаются на очень ограниченном пространстве зазора, чем достигается высокий уровень напряженности магнитного поля.

### **Литература**

1. **Васильцев Э.А.** Бесконтактные уплотнения. Л., 1974, с. 154-153.
2. **Авторское** свидетельства СССР №934106, М.кл. F16 J 15|40, 1982.
3. **Авторское** свидетельства СССР №1283476, М.кл. F16 J 15|40, 1987.
4. **Авторское** свидетельства СССР №889988, М.кл. F16 J 15|40, 1981.
5. **Положительное** решение по заявке на изобретение РФ №2004135672, МКИ F16 J 15|40, 2004.
6. **Авторское** свидетельства СССР №1308803, М.кл. F16 J 15|40, 1987.

## СЕКЦИЯ 10. ДИНАМИКА, НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 624.07:534.1

А.И. МУНИЦЫН, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

### Нелинейные колебания механических систем с сопряженными формами колебаний

В исследованиях колебаний струны с закрепленными опорами обнаружена взаимосвязь колебаний в различных направлениях, что выявляет существование и плоских форм движения струны, и пространственных, при которых точки струны совершают движение по окружности. Качественная картина свободных колебаний стержня может быть представлена как сумма плоского и пространственного движений. В общем случае в результирующем движении присутствуют три гармоники с близкими частотами. Для вынужденных колебаний в окрестности главного резонанса существует диапазон частот с возникающими устойчивыми параметрическими колебаниями в плоскости ортогональной действию вынуждающей силы, в таком случае суммарное движение точек происходит по эллипсу. При численном исследовании пространственных колебаний нерастяжимой и упругой нити с натяжным устройством также обнаружено существование плоских и пространственных форм движения.

Аналитически и численно исследованы свободные и вынужденные изгибные колебания стержня с неподвижными шарнирными опорами. Рассмотрены колебания стержня с различными собственными частотами в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Применение метода усреднения позволяет получить простую систему уравнений в медленных переменных, позволяющую рассматривать колебания системы в малой окрестности единичной частоты. Исследование устойчивости, проводимое на основе второго метода Ляпунова [1], сводится к нахождению собственных значений матрицы  $G$ , которая при отсутствии диссипации состоит из четырех блоков размерностью  $2 \times 2$ , причем блоки  $G_{11}$  и  $G_{22}$  нулевые.

Для свободных колебаний показано, что наряду с двумя плоскими формами движения при превышении определенного порогового значения существует форма, соответствующая движению сечений стержня по окружности. Построены и качественно исследованы амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики системы в окрестности главного резонанса.

Уравнения, описывающие плоские изгибные колебания стержня и струны с неподвижными опорами приводятся к одному виду в безразмерных переменных.

#### Литература

1. **Муницын А.И.** Пространственные нелинейные колебания стержня с неподвижными шарнирными опорами // Прикл. матем. и механ. – 2006. – Т.70. – Вып 1. – С. 82-90.

## Упрощённый метод расчета глубин проникания метаемых тел в грунтовую преграду

На основе упрощенного расчетного метода проводится сравнение максимальных глубин проникания в грунт идентичных по геометрической форме и размерам метаемых тел, различающихся по массе, но обладающих при входе в преграду:

- а) равным количеством движения,
- б) равной кинетической энергии.

Для качественной и приближенной количественной оценки искомым соотношений между сравниваемыми глубинами проникания используется упрощенная схема расчета, основанная на следующих допущениях:

1. Средняя сила сопротивления грунта включает динамическую составляющую и силу сухого трения.
2. Метаемое тело перемещается в преграде поступательно вдоль горизонтальной оси  $x$  с «нулевым углом атаки».
3. У всех сравниваемых метаемых элементов контактирующая с грунтом поверхность – из одного и того же материала.
4. Сила трения о грунт, как и константа  $k$  в выражении для динамической силы, для всех сравниваемых элементов остаются одними и теми же (по аналогии с гидродинамикой, константа  $k$  интерпретируется здесь как произведение  $k = c_k \cdot s \cdot \rho$ , где  $s$  – площадь мишенья элемента,  $\rho$  – плотность грунта,  $c_k$  – коэффициент, зависящий от геометрической формы элемента и динамических свойств грунта).

С учетом принятых допущений, система уравнений движения элемента с массой  $m$  в преграде при начальных условиях  $x(0) = 0$ ,  $V(0) = V_0$ , из условия на правом конце  $V = 0$  имеет решение:

$$l = \frac{m}{k} \ln \left( 1 + \frac{kV_0^2}{F_{тр}} \right),$$

откуда следует выражение для максимальной глубины проникания.

Проведенные при данных предположениях сравнительные расчёты динамики проникновения показали следующее: несмотря на то, что более лёгкий элемент обладает большей скоростью входа, глубина его проникновения в обоих случаях оказывается меньшей по сравнению с более тяжёлым элементом.

УДК 621.311.22.019.3.001.18

С.Я. КРАСНОВСКИЙ, ст. преподаватель, Н.А. САБАНЕЕВ, ст. преподаватель  
(ИГЭУ)

## **Напряженно-деформированное состояние паропровода острого пара блока 800МВт**

Продление ресурса паропроводов стареющих ТЭС является важной задачей обслуживающего персонала станций. Однако, за исключением реперных указателей перемещений паропровода, методов оценки его состояния, остаточного ресурса и контроля за влиянием режимных факторов на процесс старения паропровода нет.

Для продления срока эксплуатации паропроводов проведены исследования по применению метода моделирования напряженно-деформированного состояния паропровода на основе данных о перемещениях конструкции паропровода в нестационарном режиме.

Первый этап заключается в определении геодезическим методом (теодолитом и лазерным дальномером) перемещений точек паропровода в независимой системе координат, не связанной с конструкциями котла.

По результатам первого этапа построена трехмерная модель паропровода. Расчет напряженно-деформированного состояния на модели первоначально проводился только с учетом эксплуатационных параметров паропровода: температура, давление, расход пара и пр. Далее в моделировании учитывались нерасчетные перемещения точек паропровода, полученные геодезическим методом.

В рамках решаемой задачи, отличающейся принципиальной новизной и практической актуальностью, выполнены следующие работы:

- проведена метрология и обработка полученных геодезическим методом данных статических температурных деформаций при нестационарном режиме блока №6;
- оценена состоятельность геодезического метода для верификации основных параметров деформированного нестационарного состояния паропроводов ТЭС в условиях котельного отделения и ограниченного доступа к объекту исследования;
- разработан алгоритм определения напряженно-деформированного состояния паропровода методом моделирования;

Проанализированы результаты расчетов напряженного состояния паропровода по данным моделирования. Оценивая напряженное состояние паропровода, по полученным значениям расчетов, определены участки с максимальными напряжениями  $\sigma = 0,709E+08$  МПа, приближающиеся к допускаемым напряжениям для стали марки 15X1M1Ф при температуре 545°C. Обратное решение задачи моделирования позволило по перемещенному состоянию модели паропровода сделать прогноз о состоянии опорно-подвесной системы с целью выявления перегруженных или недогруженных опор.

## **Аналитическая зависимость ресурса работы узла трения «кольцо – бегунок» кольцевой прядильной машины от смачивающих свойств композиции и концентрации присадки**

Узел «кольцо – бегунок» кольцевой прядильной машины представляет собой пару трения, состоящую из стального кольца, с закрепленным на его поверхности, анидного бегунка.

Применение смазочных композиций для смазки данного узла трения, в состав которых входят поверхностно-активные и химически-активные присадки, дало ценный практический результат, заключающийся в значительном улучшении параметров трения этого узла, а, следовательно, в улучшении технологических характеристик процесса прядения. Кроме того, использование поверхностно-активных присадок позволило значительно сократить расход смазочного материала и количество выбросов в окружающую среду.

Зависимость ресурса работы узла (до режима трения без смазочного материала) от смачивающих свойств композиции и концентрации присадки должна быть такой, чтобы обеспечивать качественную оценку данного параметра при использовании любой поверхностно-активной присадки. Для получения ресурса работы узла трения от концентрации присадки и от диаметра смачивания из экспериментальных данных по исследованию смачивающей способности, были выбраны оптимальные концентрации для каждой из смазочных композиций и соответствующие им равновесные значения диаметров смачивания. Из экспериментальных данных по определению момента трения в узле «кольцо – бегунок» при концентрациях больше 1 %, был выбран ресурс, соответствующий оптимальной концентрации.

При помощи метода наименьших квадратов, была выведена зависимость ресурса работы узла трения как функция двух переменных от оптимальной концентрации и равновесного значения диаметра смачивания. В результате расчёта была получена функция вида:

$$t_{\text{кр.}} = 1.39 \cdot 10^3 \cdot C_1 \cdot d_i \cdot 2.273 \cdot 10^3 \cdot (d_i)^2 + 1.027 \cdot 10^3 \cdot C_1 + 59.879 \cdot d_i + 1.178 \cdot 10^3$$

где  $C_1$  – оптимальная концентрация, соответствующая каждой из используемых присадок;  $d_i$  – среднее значение равновесного диаметра смачивания.

УДК 539.4

З.В. ЗАРУБИН, аспирант, М.А. НОЗДРИН, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Реологическая модель материала с эффектом памяти формы

Численное моделирование конструкций из сплавов с эффектом памяти формы (СЭПФ) требует описания реологических свойств таких сплавов. Одним из способов подобного описания является применение структурной модели.

При структурном моделировании поведение элементарного объема среды отображается работой пакета подэлементов (ПЭ) с отличающимися реологическими свойствами. ПЭ считаются идеально вязкими, то есть их неупругая деформация изменяется со скоростью, зависящей от напряжения ПЭ (в соответствии с реологической функцией). Простейший путь к моделированию двухфазной среды (какой является СЭПФ) – введение двух групп неупругих ПЭ, в каждой из которых реологические функции подобны между собой, но не подобны функциям в другой группе. Базовая (однофазная) структурная модель, представляет собой пакет идеально вязких ПЭ, испытывающих одинаковые температурные воздействия и одинаковую историю деформирования, но обладающих различающимися реологическими свойствами. Напряжение элемента объема материала определяется как среднее по подэлементам:

$$\sigma = \sum_{k=1}^n \sigma_k g_k,$$

где  $\sigma_k$  – напряжение в ПЭ,  $g_k$  – весовой коэффициент ПЭ,  $n$  – число ПЭ. Деформации ПЭ считаются как сумма упругих ( $r_k$ ) и неупругих ( $p_k$ ) деформаций.

$$\varepsilon_k = r_k + p_k, \quad r_k = \frac{\sigma_k}{E}, \quad \frac{dp_k}{dt} = F\left(\frac{r_k}{z_k}, T\right),$$

где  $E$  – модуль Юнга,  $T$  – температура,  $F$  – реологическая функция,  $z_k$  – коэффициент, определяемый по некоторой функции распределения  $y(z_k)$ .

Моделирование СЭПФ достигается введением двух фаз с различными весовыми коэффициентами  $G_i$  ( $i = 1, 2$ ), а также включением в функцию распределения параметра  $T_k$ , то есть температуры перехода одной фазы материала в другую. Весовые коэффициенты  $G_i$  являются переменными, зависящими от текущего значения температуры. Реологическая функция ПЭ является зависящей не только от текущего значения температуры, но и характерного для каждого ПЭ значения температуры.

Данная модель СЭПФ, после процедуры идентификации может быть встроена в численный метод моделирования конструкций из СЭПФ.

## Современная нормативная база оценки технического состояния механизмов по параметрам вибрации

В настоящее время серия стандартов ГОСТ Р ИСО 10816-97 является основополагающей в области вибрационного мониторинга, при этом практически сопоставима со стандартами ISO 2372/VDI 2076 по оценкам состояния промышленных машин по абсолютному значению вибрации в зависимости от мощности машин, типа и вида опор в частотном диапазоне 10-1000 Гц.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 10816-1 охватывает четыре класса машин, отличающихся от ISO 2372/VDI 2076: Класс 1. Машины мощностью до 15 кВт (в основном электродвигатели, насосы, вентиляторы). Класс 2. Машины мощностью от 15 до 75 кВт (электродвигатели, насосы, вентиляторы) без специальных фундаментов или машины мощностью до 300 кВт на специальных фундаментах. Класс 3. Мощные первичные двигатели и другие машины с вращающимися частями, установленные на массивных фундаментах, относительно жестких в направлении измерения вибрации. Класс 4. Мощные первичные двигатели и другие мощные машины с вращающимися массами, относительно податливые в направлении измерения вибрации (например, турбогенераторы и газовые турбины с выходной мощностью более 10000 кВт).

Техническое состояние оценивается по четырем зонам (**A**, **B**, **C**, **D**), границы зон отличаются в зависимости от способа и типа установки машин. Основные отличия ГОСТ Р ИСО 10816:

1) Дополнительный критерий по изменению границ зон состояний. Изменение величины вибрации в сторону увеличения на 25 % верхней границы зоны **B** рассматривается как существенное, даже если значение вибрации в установившемся режиме не превышает границу зоны **C**.

2) В качестве рекомендаций установлены ограничения на функционирование – уровни «предупреждение» и «останов». Уровень «предупреждение» устанавливается относительно некоторого базового значения для конкретной машины и определенных точек контроля и рекомендован на 25 % выше верхней границы зоны **B**. Уровень «останов» не должен превышать более чем в 1,25 раза верхнюю границу зоны **C** (для российских условий это очень жесткий критерий).

Оценки изменения вибрации в пределах состояний направлены на своевременное диагностирование, поскольку считаются значимыми и указывают на дефекты.

В серии ISO 10816 пока отсутствуют нормативы для поршневых компрессоров и ДВС, для последних рекомендован стандарт ISO 8528.



УДК 621.833

А.Б. КОЛОБОВ, к.т.н., доцент, Ф.Б. ОГУРЦОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Диагностика подшипников качения на базе статистических моделей

Перспективным направлением при решении задачи оценки состояния подшипников является исследование высокочастотной вибрации ударно-импульсного характера. Спектральный и корреляционный анализы позволяют выявлять локальные дефекты, однако слабо проявляют дефекты общего характера (контактный износ, отсутствие смазки).

В докладе рассматривается возможность оценки таких дефектов с использованием идентификационного подхода. На рис. 1 представлена блок-схема разработанного аппаратно-программного комплекса. Исходной информацией является гистограмма плотности распределения вероятности ударных импульсов на выходе блока 5. Установлено что, она обладает большой чувствительностью к широкой группе дефектов, однако

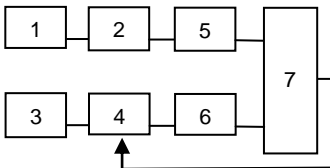


Рис.1. Блок-схема диагностического комплекса

- 1 – вибродатчик,
- 2 – детектор,
- 3 – генератор шума,
- 4 – математическая модель,
- 5,6 – блоки вычисления плотности распределения вероятности,
- 7 – блок коррекции модели

возникает проблема математической формализации диагностического признака. В связи с этим в комплексе искусственно формируется случайный сигнал путем обработки нормального шума на выходе блока 3 с помощью абстрактной модели подшипника 4. Блок 7 корректирует параметры модели, добиваясь максимального совпадения гистограмм.

На практике удовлетворительная устойчивость процедуры идентификации обеспечивалась по критерию наименьших квадратов с использованием метода градиентного спуска.

Выявлено, что в пределе при сильном износе подшипника и полном отсутствии смазки модель является

элементарным пропорциональным звеном. На данном этапе исследовалась возможность применения простейших полиномиальных моделей. Экспериментально установлено, что для подшипников серии 203 коэффициенты варьируют в широком диапазоне, однако корни полинома обладают определенной стабильностью. В частности, вещественные части корней слабо чувствительны к наличию одиночных сосредоточенных дефектов и имеют различную чувствительность к величине контактного износа и степени смазки.

Таким образом, по предварительным результатам идентификационный подход потенциально позволяет формализовать комплексные диагностические признаки для оценки состояния подшипников.

УДК 621.002:534.6

А.Б. КОЛОБОВ, к.т.н., доцент, Ф.Б. ОГУРЦОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Многофункциональный вибродиагностический и балансировочный прибор**

Разработан макет многофункционального микропроцессорного виброизмерительно-анализирующего прибора, предназначенного для выполнения на любом предприятии:

1) вибрационного контроля и ранней диагностики распространенных дефектов роторного промышленного оборудования в условиях эксплуатации;

2) одно- и двухплоскостной динамической балансировки роторов (валы, рабочие колеса, муфты и т.п.) в собственных подшипниках при ремонтных и пуско-наладочных работах.

Прибор отличается следующим:

- встроенная программа для одно- и двухплоскостной балансировки, что расширяет область применения прибора;
- низкотемпературный (до  $-10^{\circ}\text{C}$ ) монохромный жидкокристаллический дисплей с подсветкой (БЦМ 4 строки x 16 символов);
- энергонезависимая память и резервный источник питания для хранения результатов измерений и расчета промежуточных параметров;
- гармонический анализ вибрации – измерение СКЗ виброскорости на частоте вращения и ее гармониках, а также на частоте 100 Гц, что позволяет производить диагностику основных неисправностей;
- измерение низкочастотной составляющей СКЗ виброскорости (половина оборотной частоты) на частоте вращения 3000 об/мин, что соответствует требованиям ГОСТ 25364 для турбоагрегатов;
- автоматическое отключение «забытого» прибора;
- новая конструкция вибродатчика и усиленный коаксиальный кабель;
- расширенная комплектация: два комплекта аккумуляторов (размер R6/AA), микропроцессорное «быстрое» зарядное устройство с контролем заряда, портативные электронные весы для оценки и коррекции массы балансировочных грузов;
- адаптируемость измеряемых параметров виброперемещения – размах (пик-пик) или СКЗ;
- новая система контроля работоспособности, настройки режима работы таходатчика и тестирования системы электропитания.

Прибор обеспечивает простоту и доступность проведения виброконтроля технического состояния в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10816, диагностики типичных дефектов и удовлетворяет требованиям ПТЭ ЭС и С. Класс защиты от пыли и влаги IP65 по ГОСТ 14254.

УКД 539.4

М.А. НОЗДРИН, к.т.н., доцент, Б.В. ШЕПТУНОВ, студент  
(ИГЭУ)

## Моделирование технологии гiba металла

В настоящее время распространена следующая технология гiba металла: листовая заготовка касается инструмента по трем линиям – две линии на матрице, одна на пуансоне. Процесс осуществляется при помощи гибочного пресса, который позволяет обрабатывать заготовки длиной до 4 метров. Технология позволяет комбинировать инструмент в различных сочетаниях, а так же изменять скорость подачи пуансона и длину заготовки. При осуществлении данной технологии для гiba длинных ( $l = 2 \div 2.5$  метра и более) заготовок металла толщиной 6 мм производитель получает профиль с нежелательным выгибом  $h$  (рис. 1), величина которого доходит до 3 см. При этом выгиб зависит не только от длины заготовки, но и от высоты полки получаемого профиля.

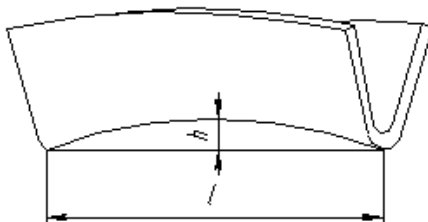


Рис. 1. Профиль с нежелательным выгибом  $h$

В ходе работы создана модель в комплексе МКЭ [1], которая описывает поведение заготовки при обработке по вышеупомянутой технологии и предназначена для дальнейшего исследования и устранения нежелательного эффекта. При разработке использовалась билинейная модель материала. Были получены диаграммы напряжений и перемещений заготовки для нижнего положения пресса и после снятия нагрузки (рис. 2). Модель позволяет изменять следующие параметры: величину нагрузки, размеры детали, ограничения по перемещениям (корректировка линий приложения опор по отношению к заготовке). Расчеты показали возможность ввода дополнительного усилия перед гибом с целью предварительной подготовки заготовки и устранения нежелательного выгиба.

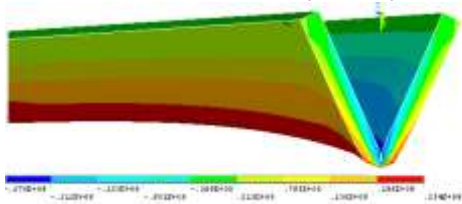


Рис. 2. Диаграмма напряжений в поперечном направлении в нижнем положении пресса

### Литература

1. **Галлагер Р.** Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 428 с.

УДК 621.311.22.019.32:534.1

И.А. БЕЛОВ, аспирант, Л.Б. МАСЛОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Моделирование вибрации трубопроводов, вызванной потоком теплоносителя

Вибрация промышленных трубопроводов, в том числе трубопроводов тепловых и атомных электростанций, может быть серьезной проблемой, приводящей к резкому увеличению затрат на обслуживание, снижению надежности и производительности объекта. Это определяет актуальность исследований в данной области. Экспериментальная проверка математических моделей динамического поведения трубопровода с теплоносителем на натурном объекте ограничена главным образом опасностью попадания в критические резонансные режимы, что может стать причиной серьезной аварии. Физическое моделирование позволяет избежать этой опасности.

Наиболее сложными для исследования являются колебания протяженных пространственных трубопроводов, вызванные нестационарным потоком жидкости или пара. Для их описания в качестве первого приближения можно использовать балочную модель поперечных колебаний трубопровода, проводящего теплоноситель со скоростью  $U$ . Эта модель описывается дифференциальным уравнением:

$$(m_p + m_f)\ddot{v} + m_f U^2 v'' + m_f \dot{U} v' + 2m_f U \dot{v}' + EI v'''' = 0, \quad (1)$$

где  $EI$  – изгибная жесткость трубопровода,  $L$  – длина участка между опорами,  $m_f$  и  $m_p$  – линейные плотности жидкости и трубы.

Принимая скорость потока постоянной во времени, можно определить влияние ее величины на динамику трубопровода. С увеличением скорости теплоносителя собственные частоты системы уменьшаются, причем при ее критическом значении  $U_{кр} = \sqrt{EI\pi^2 / m_f L^2}$  эффективная жесткость трубопровода обращается в нуль, и он теряет устойчивость. При пульсирующем потоке жидкости  $U = U_0 (1 + \varepsilon \sin(\theta t))$  уравнение колебаний трубопровода в *безразмерных* величинах примет вид:

$$\begin{aligned} (1 + \alpha^2)\beta^2 \dot{v} + \pi^2 \gamma^2 v'' (1 + 2\varepsilon \sin(\Theta\tau)) + 2\pi\alpha\beta \dot{v}' (1 + \varepsilon \sin(\Theta\tau)) + \\ + \pi\alpha\beta\varepsilon\Theta \cos(\Theta\tau) v' + v'''' = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\alpha^2 = m_f / m_p, \quad \beta^2 = L^4 / l, \quad \gamma = U_0 / U_{кр}, \quad \Theta = \sqrt{m_p / E} \cdot \theta. \quad (3)$$

Равенство безразмерных параметров (3) обеспечивает *подобие* физической модели и натурального трубопровода. Это позволяет при положительном результате экспериментальной верификации математической модели использовать полученное уравнение для описания динамики реальных объектов. Создание такой модели для системы трубопроводов с источником пульсирующего потока необходимо для определения возможности и условий возникновения параметрических резонансов.

## Конечно элементная модель голеностопного сустава человека

Создание конечно-элементной модели голени биомеханического объекта необходимо, прежде всего, для понимания физических процессов, определяющих какие затрагиваются ткани, и выявляющих степень влияния каждой ткани на общую картину вибрации голени.

В качестве объекта исследования выбрана голень среднестатистического человека без повреждений элементов опорно-двигательной системы.

Разработка трехмерной модели голени была осуществлена в препроцессоре универсального конечно-элементного комплекса ANSYS (ANSYS Inc.). Точки, описывающие контуры твердых и мягких тканей в последовательных сечениях голени, использовались как ключевые точки разрабатываемой твердотельной пространственной модели объекта. После ввода ключевых точек в препроцессор они соединялись с помощью сплайнов, что обеспечивало получение плавных естественных контуров, ограничивающих выбранные элементы опорно-двигательной системы голени. Следующим шагом является формирование плоских областей ограниченных этими контурами. Путем соединения сечений линиями, проходящими через ключевые точки, получаем пространственный каркас для формирования объемов. Формируя поверхности, ограниченные построенными линиями, последовательно создавались замкнутые объемы, ограниченные полученными поверхностями. Для каждого типа объемов задавались механические характеристики приближенные к реальным значениям.

Для построения конечно элементной сетки использовался тетраэдрический конечный элемент, допускающий использование автоматической генерации сетки на объемах топологически-нерегулярной формы, т.е. ограниченных произвольным количеством сторон.

Таким образом, результатом работы явилось создание достаточно полной конечно элементной модели ограниченного участка голени исследуемого объекта. Комплекс предназначен не только для создания объемной графической части модели, но может использоваться и для получения амплитудно-частотной характеристики, нахождения собственных частот и форм колебаний объекта. Кроме этого появляется возможность моделирования изменения прочностных свойств объекта в целом, при внесении локальных повреждений (дефектов) в мышечно-сухожильной и костной ткани опорно-двигательного аппарата человека.

### Литература

1. **Математическое моделирование и компьютерное моделирование в биомеханике** / А.В. Зинковский, Д.В. Ликсонов, Л.Б. Маслов и др.: Учебн. пособие под ред. А.В. Зинковского и В.А. Пальмова. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2004. – 516с.

УДК 616.728.3–002–072.7

С.В. КОРОЛЕВА, к.м.н., С.Е. ЛЬВОВ, д.м.н., профессор  
(ГОУ ВПО ИвГМА Росздрава)

## **Кинематическая концепция заболеваний коленного сустава**

Высокая медико-социальная значимость дегенеративных заболеваний коленного сустава (КС) определяется не только их распространенностью и инвалидизацией (сопоставимой с вкладом сердечно-сосудистой патологии), но и недостатками в объективной оценке функции. Несмотря на поиск и внедрение новых препаратов, призванных затормозить развитие патологии, реально воздействовать на патогенез не удается. В конечном итоге, эффективность лечения определяет функциональный результат. До настоящего времени за функциональные критерии принимаются углы сгибания/разгибания в больном суставе, объем атрофии мышц заинтересованной конечности и субъективная оценка состояния больным и врачом. Данные критерии необъективны, представляются без меры неопределенности, не учитывают степени вовлечения компенсаторных механизмов.

Нами для объективной оценки кинематической нестабильности КС было предложено использовать стабилometriю с тестом Ромберга, а для выявления клинически-значимой динамической составляющей проводить степ-тест, либо подъем на 1 пролет лестницы. Условия данного обследования не позволяют однозначно трактовать результаты, т.к. разобщение во времени значительно увеличивает систематическую и случайную погрешность измерений. Возможно выполнение статических проб на платформе (сгибание в КС, проба стоя на одной ноге). Но подавляющее большинство пациентов – люди старших возрастных групп, и подобная «гимнастика» не только физически тяжела для них, но и в дальнейшем подобные пробы ухудшают комплаентность самого метода. Нами также были применены плантография, реовазография и нейромиография, которые также хронологически разобщены. Выявленные закономерности нарушений некорректно подвергать корреляционному анализу из-за несоблюдения единства аппаратной ошибки. Проведенный факторный анализ по наиболее критериальным параметрам позволил установить линейно значимые для кинематической устойчивости параметры, что позволяет рассматривать стабилometriю как метод оценки системного, комплексного позного ответа, обладающего рядом характерных для выделенной патологии (остеоартроз) черт. Полученная модель не линейна (значимость эффектов взаимодействий), но линейные и амплитудно-частотные показатели возможно оптимизировать с помощью обобщенной функции Харрингтона.

Решение проблемы синхронизации позволит установить линейные эффекты влияния на патогенез дегенеративных заболеваний КС и прогнозировать его развитие, что значительно оптимизирует лечение.

УДК 539.3.01/539.4

Л.Б. МАСЛОВ, к.т.н., доцент, Д.С. СМИРНОВ, Н.А. ЩЕРБАКОВА, ассистенты  
(ИГЭУ)

## **Исследование собственных частот колебаний ахиллова сухожилия**

Механические характеристики мягких биологических тканей являются важным диагностическим параметром при оценке их функционального состояния и процессов перерождения.

Анализ собственных частот и форм колебаний ахиллова сухожилия и окружающих мышечных тканей голени человека был проведен с помощью программного продукта ANSYS (ANSYS Inc.) на разработанной конечно-элементной трехмерной модели, включающей в себя основные элементы опорно-двигательной системы нижней конечности, такие как берцовые большую и малую кости, ахиллово сухожилие, трехглавую мышцу, мышцы передней поверхности, и ограниченную кожным покровом. Предполагалось, что моделируемая конечность находится в нормальном физиологическом состоянии, мышцы не напряжены, угол поворота стопы в голеностопном суставе соответствует своему условно нулевому значению.

В ходе натурных измерений амплитудно-частотных характеристик сухожильно-мышечного комплекса голени было показано, что имеют место резонансные колебания ахиллова сухожилия в диапазоне частот от 30 до 150 Гц. Компьютерный анализ частотного спектра показал наличие большого количества собственных частот в диапазоне от 20 до 250 Гц. Основной вклад в колебания мягких тканей голени вносят мышцы, демонстрирующие большое разнообразие пространственных форм колебаний во всем частотном диапазоне. Колебания ахиллова сухожилия невозможно отделить от колебаний икроножной и камбаловидной мышц, физиологически и функционально связанных с ахилловым сухожилием. Исследование форм колебаний сухожильно-мышечного комплекса голени выявил, что наибольший вклад в динамику ахиллова сухожилия вносят семь собственных частот в диапазоне от 30 до 130 Гц. Необходимо отметить, что формы движений представляют собой сложные крутильно-изгибные формы в пространстве. Однако, с определенной степенью точности можно разделить колебания ахиллова сухожилия на изгибные колебания во фронтальной плоскости и изгибные колебания в сагиттальной плоскости с относительно небольшим закручиванием вокруг своей оси.

Проведенный анализ показал наличие значительных собственных колебаний ахиллова сухожилия во фронтальной плоскости на частотах 32.2, 44.9, 68.7 и 97.2 Гц, а также в сагиттальной плоскости на частотах 57.2, 60.9 и 117.3 Гц. Полученные результаты могут служить теоретическим фундаментом для разработки вибрационных методов диагностики физиологического состояния мягких тканей.

## **Разработка электронного тестового сопровождения учебного процесса по дисциплине «Прикладная механика»**

«Прикладная механика», включающая «Сопротивление материалов» и «Детали машин», является базовой дисциплиной инженерного уровня образования для большинства студентов вузов технического профиля. При изучении этого курса студенты испытывают определенные трудности, обусловленные совершенно новой областью знаний, большим объемом новой терминологии, которую надо активно и адекватно освоить, малым временем, выделяемым учебными планами, отсутствием достаточных навыков самостоятельной работы.

Вечная проблема повышения качества образования получает новые перспективы решения с развитием современных информационных технологий и информационных сетей, позволяющих модернизировать различные стороны образовательного процесса. Эти информационные технологии включают создание электронных учебников, пособий, тренажеров, тестов и т.д., позволяющих создать одинаковую компьютерную среду обучения и в специализированной аудитории в учебном заведении, и в компьютерном кабинете в общежитии, и на домашнем компьютере. Электронный учебный комплекс может быть успешно использован и в дистанционной заочной форме обучения.

В соответствии со стратегией и тактикой управления качеством образования в ИГЭУ введена и стала традиционной система обучения РИТМ (развитие индивидуального творческого мышления), которая является дискретно-обозначенной системой мониторинга качества. Технологическая циклограмма обучения включает по два модуля текущего и промежуточного контроля знаний входное и выходное тестирование, определяющие персонафицированные оценки успеваемости студентов. Контроль результатов усвоения обеспечивает обратную связь в процессе изучения курса, и проводится, как правило, по темам и разделам курса.

Контроль результатов усвоения несет три взаимосвязанные функции. Диагностическая функция – контроль (C) результатов процесса преподавателем, обеспечивает базу для последнего этапа (A – act) цикла в цепи управления качеством обучения (цикл – SDCA) или в цепи улучшения процесса обучения (цикл – PDCA). Обучающая функция – активизируется работа студентов по усвоению учебного материала, его углублению и дополнению. Воспитательная функция – акт контроля организует и направляет процесс обучения студентов.

Анализ целей и содержания курса «Прикладная механика» позволяет наметить на ближайшее время два основных направления раз-



работки его электронного сопровождения – тестирование и тренажеры-экзаменаторы. Тестирование можно эффективно использовать во всех контрольных точках технологической циклограммы обучения и мониторинга качества. Оно позволяет контролировать правильное понимание терминологии, усвоение основных научных фактов, решение элементарных задач надежности. В первую очередь тестирование целесообразно разрабатывать и внедрять по темам с большим объемом новой информации, таким как: основные понятия, растяжение–сжатие, изгиб, разрушающие испытания.

УДК 378.14

Н.В. МАЛИНИНА, ст. преподаватель  
(ИГЭУ)

### **Анализ проблем внедрения дистанционного обучения для студентов заочного факультета**

Что такое заочное обучение еще несколько лет назад? Это форма обучения, когда студенты оставлены один на один с книгами, исключая установочные лекции и зачеты с экзаменами. Заочная форма обучения требует большой силы воли. Далеко не у всех она есть, возникает потребность в форме «приближения» студентов-заочников к преподавателю через Интернет-сеть.

Наиболее подходящая форма для такого приближения видится в комплексе «виртуальный университет». Этот комплекс может включать в себя методику открытого образования по типу Интернет-ресурсов для различных систем образования. Такие методики не новость сегодня, как пример можно привести единые окна доступа к образовательным ресурсам на <http://window.edu.ru>.

Обычно виртуальный диалог проходит в русле преподаватель–студент без обратной связи. Студент-заочник ИГЭУ по Интернет-сети может получить лишь электронный конспект лекций, типовые задачи для контроля, требования к заданиям, в лучшем случае, – тестирование по предмету, но поддерживать связь с преподавателем, обсуждать проблемы, он не может. Проблема заочного обучения еще и в том, что многие заочники живут не в Иванове, а в различных городах России, следовательно, не имеют возможности прийти на редкие консультации в течение семестра.

Пути решения проблем заочного образования видятся в следующих мероприятиях:

1. Повышение квалификации преподавателей, т.к. для преподавания в новой информационно-обучающей системе (ИОС) нужны навыки работы on-line и off-line.
2. Увеличение Интернет-трафика преподавателю (кафедре) для работы со студентами.
3. Подготовка студентов к сетевому обучению. Решение данной проблемы зависит не столько от вуза, сколько от доступа студента к Интернет-сети по месту проживания. Со стороны вуза должна быть оказана широкая поддержка в подготовке студентов к новой ИОС, это и курсы, и методические семинары, и электронная литература. В программе развития образования Президента РФ предусматривается глобальная компьютеризация сельских районов, и есть надежда, что в скором времени студенты, проживающие не в городах, смогут присоединиться к «виртуальному» обучению.
4. Важно и нормативное обеспечение учебного процесса. В настоящее время существуют два вида учебных планов по специальностям: подготовка студентов очного отделения и заочного отделения. Анализ планов заочной формы обучения показал, что основной объем знаний, от 80 до 90 %, – самостоятельная работа. Вполне возможно ввести в учебные планы такие виды занятий как электронный семинар, электронная консультация, увеличив тем самым число аудиторных занятий. В период сессии расписание студентов-заочников явно перегружено, и как следствие – снижение качества образования.

Внедрение ИОС в заочной форме обучения даст возможность повысить качество знаний студентов.

УДК 378.14

Л.Н. КРАЙНОВА, ст. преподаватель, С.В. ВИХРЕВ, инженер  
(ИГЭУ)

## **Методологические основы лабораторного практикума по неразрушающим методам контроля напряженно-деформированного состояния конструкций**

При проектировании и расчете на прочность деталей и узлов современных машин и конструкций истинные значения возникающих напряжений и деформаций необходимо определять с учетом формы, механических характеристик материалов и конструктивного и технологического выполнения деталей и узлов, а также действующих нагрузок и условий работы рассматриваемой машины при эксплуатации.

В связи со сложностью этой задачи и невозможностью ее решения расчетным путем с учетом всех этих факторов большое значение приобрели экспериментальные методы определения напряжений и деформации. Одним из наиболее распространенных методов является электрический метод измерения деформаций (электротензометрия).

Лабораторный практикум по неразрушающим методам контроля конструкций знакомит студентов на конкретных задачах с методикой экспериментального исследования напряженного и деформированного состояния методом тензометрии, помогает глубже разобраться в вопросах теории, оценить точность выполняемых расчетов.

Работа по определению напряжений и перемещений при прямом и косом изгибе позволяет экспериментально определить распределение напряжений при прямом и косом изгибе, определить величину и направление прогиба свободного конца консоли при плоском изгибе, сравнить полученные результаты с величинами, вычисленными теоретически при тех же схемах нагружения. Демонстрационная установка выполнена в настольном исполнении и позволяет испытывать балки различного поперечного сечения, а также поворачивать испытываемую балку вокруг продольной оси.

Лабораторная работа по определению главных напряжений при кручении и совместном действии изгиба и кручения круглого бруса знакомит с методами электротензометрирования при плоском напряженном состоянии, позволяет определить главные напряжения и положения главных площадок, сопоставить опытные результаты с теоретическими.

Явление потери устойчивости прямолинейной формы равновесия стержня при осевом сжатии, проверка опытным путем формулы Эйлера для определения критической силы и определение величины критической силы сжатого стержня, имеющего малое начальное искривление, демонстрируется на испытательной машине, позволяющей моделировать различные виды опорных устройств – шарнирное и жесткое закрепление.

УДК 531.3

В.А. ОГУРЦОВ, к.т.н., доцент, А.В. ОГУРЦОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Разработка сборника заданий по теоретической механике для подготовки талантливых студентов к участию в олимпиадах**

Процесс выявления талантливых студентов, их индивидуальное обучение, подготовка к участию в олимпиадах ИГЭУ затруднён следующими обстоятельствами. Для большинства специальностей читается короткий курс в течение одного семестра студентам первого курса. Тестовые задачи, используемые для ТК и ПК не вызывают у талантливых студентов особых затруднений, домашние задания для выполнения расчётно-графических работ являются типовыми и рассчитаны на основную массу студентов. Отдельного сборника олимпиадных задач по теоретической механике не существует. Подготовка талантливых студентов ИГЭУ к участию в олимпиадах по теоретической механике, хотя таковые проводятся даже на всероссийском уровне, не ведётся.

Авторы проекта ставят своей задачей подготовку сборника заданий, который вызовет интерес студентов. Задачи должны быть чётко поставлены, желательно в занимательной форме, рассчитаны на интуицию и творческое воображение, а не на сложность вычислений и громоздкость схем. Планируется, что сборник будут сопровождать множество примеров и объяснений. Авторы, являющиеся ярыми поклонниками фундаментального курса «Теоретическая механика» предполагают, что ясность, чёткость и логика помогут им в этом. Форма сборника должна быть яркой и сопровождаться весёлыми рисунками, как это делают авторы научно-популярной литературы по физике и математике передовых ВУЗов страны. Сборник будет выполнен на бумажном и электронном носителе.

Использование такого сборника в учебном процессе, не в ущерб традиционным формам обучения, позволит подготовить студентов к научно-исследовательской работе на кафедрах, участию в научно-технических конференциях и олимпиадах по теоретической механике.

## СЕКЦИЯ 11. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ЧЕЛОВЕК, ТЕХНИКА, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

УДК 621.314

Г.В. ПОПОВ, д.т.н., профессор, А.Н. СМИРНОВ  
(ИГЭУ)

### **Снижение риска эксплуатации стареющего электрооборудования с помощью информационных технологий**

Известны два подхода к оценке состояния электрооборудования, которые условно можно обозначить как «отложенный» (off-line) и «оперативный» (on-line). Первый – позволяет привлекать к постановке диагноза полный спектр информации, которая собирается за определенный период времени, второй – основан на анализе текущей информации, получаемой в режиме реального времени. Первый сравнительно дешевле с точки зрения аппаратных затрат, второй – значительно дороже. Однако, если режим off-line позволяет выявлять только вялотекущие дефекты, то on-line, в принципе, позволяет предотвратить развитие любого дефекта, посредством выдачи сигналов на немедленное отключение или загрузку оборудования. В докладе рассматривается применение разработанного в ИГЭУ программного комплекса «Диагностика +» для комплексной оценки состояния электрооборудования костромской ГРЭС. Режим off-line реализован для диагностики технологического состояния силовых трансформаторов, масляных, вакуумных, воздушных и элегазовых выключателей, измерительных трансформаторов и др. оборудования. Диагностика on-line в настоящее время проводится для ряда блочных трансформаторов с перспективой расширенной как на новые трансформаторы, так и на другое электрооборудование.

Оба режима диагностирования могут функционировать автономно, но максимальной эффект, по мнению авторов, может быть достигнут при их эффективном сочетании. Информационный обмен при таком подходе построен на технологии OPC (OLE for Process Control) предназначенной для обеспечения универсального механизма обмена данными между датчиками, исполнительными механизмами, контролерами и системами представления технологической информации, оперативного диспетчерского управления, а также системами управления базами данных. Система состоит из трех звеньев: сервер БД – сервер приложений – клиенты. Такая схема позволяет выполнять всю прикладную логику на сервере и значительно разгрузить сеть. В качестве сервера БД используются СУБД FireBird (клон известной СУБД Interbase). Список измерений и испытаний для каждого вида ЭТО соответствует РД «Объем и нормы». Все диагностические правила соответствуют стандартам и нормативам, принятым в отрасли. Данные замеров и испытаний заносятся пользователем в компьютерные таблицы или в специальные компьютерные формы. По этим данным испытания проводятся экспертизы, а по их результатам генерируются протоколы испытаний.

Каждому виду испытаний соответствует своя экспертиза и еще по одной для каждого вида комплексных испытаний. Комплексное испытание охватывает ряд отдельных испытаний, и поэтому во время оценки состояния ЭТО учитываются результаты всех проведенных измерений.

## Использование метода бинарных отношений при оценке состояния электрооборудования

Любое электрооборудование, эксплуатирующееся на энергетических предприятиях, например, силовые трансформаторы, обычно имеют разные режимы работы (графики нагрузки), а также действие прочих факторов, влияющих на функционирование такого оборудования, различно, то следует предположить, что деструктивные процессы, происходящие в них и в их вспомогательных устройствах, идут с разной скоростью. Поскольку одновременно работающего однотипного оборудования на предприятиях имеется некоторое, иногда значительное, количество, то ставится задача определить на какое оборудование нужно обратить первоочередное внимание. Проведение с этой целью оценки состояния электрооборудования позволяет выявить самое ненадёжное (надёжное) оборудование и, изменив условия его работы, устранив неисправности или заменив в случае необходимости изношенные и/или вышедшие из строя детали продолжить его эффективную эксплуатацию, продлить срок службы, что логичнее и выгоднее, по сравнению, например, с обычной, очередной (плановой) последовательностью ремонтов.

Рассмотрим систему оценки состояния на примере силовых трансформаторов. Поскольку нормы испытаний силовых трансформаторов включают в себя несколько экспертиз (хроматографический анализ, физ.-химический анализ масла и др.), то параметров, определяющих состояние конкретного трансформатора, будет значительное количество. Так как выделить из них одно предпочтительное невозможно, то приходится иметь дело с многокритериальным анализом. Одним из концептуальных подходов поиска решения данной задачи является использование метода бинарных отношений. Он основан на отказе от присваивания каждой альтернативе конкретной оценки, что в реальности иногда затруднительно. Вместо этого любая альтернатива рассматривается не в отдельности, а в паре с другой альтернативой, что позволяет выявить, какая из них более предпочтительна.

Таким образом, для каждой пары однотипных признаков некоторым образом можно установить предпочтительность, равноценность или несравнимость.

Математически бинарное отношение  $R$  на множестве  $X$  ( $X$  – с подчёркиванием сверху) определяется как некоторое подмножество упорядоченных пар  $(x, y)$ . Задать отношение – это значит тем или иным способом указать все пары  $(x, y)$ , для которых выполнено отношение  $R$ . Это возможно посредством перечисления всех пар  $(x, y) \in R$ , задания матрицы или графа предпочтения и некоторыми другими способами.

## Оценка ресурса силовых трансформаторов методом определения степени полимеризации электроизоляционных целлюлозных материалов программным комплексом «Диагностика+»

Определение ресурса является одной из приоритетных задач диагностики электрооборудования, учитывая его износ на большинстве промышленных предприятий. Известно, что самой «слабой» стороной силовых трансформаторов является его бумажная изоляция. Характеристикой, определяющей свойства этой изоляции, является степень полимеризации (СП). В процессе функционирования трансформатора бумажная изоляция подвержена нескольким видам разложения: гидролитическим, окислительным, термическим, что приводит к снижению её СП, а значит и к уменьшению (срабатыванию) ресурса трансформатора в целом. Реальное значение СП можно определить только экспериментальным путём, вызывающим значительные трудности. Для определения ресурса трансформаторов расчётным путём в программном комплексе «Диагностика+» создана экспертиза определения СП, в основе которой лежит анализ не самой целлюлозы, а продуктов её разложения, содержащихся в трансформаторном масле. Одним из продуктов деструкции бумаги является вода. Определение СП с учётом влажности имеет вид [1]:

$$1/СП = \Psi \cdot e^{0,5(3W_m - W) \varphi_{O_2}} K_{осн} \cdot 10^{8+0,38W} e^{-Q/(RT)} t + 1/СП_0,$$

где СП<sub>0</sub> – начальная СП, для новой целлюлозы СП<sub>0</sub> ≈ 1000-1200.

Данные для расчёта заносятся в программный комплекс после проведения испытания: «физико-химический анализ масла». Очевидно, что для более эффективного функционирования данной экспертизы её стоит начинать проводить для нововведённого оборудования, или у которого известны последние данные по СП, или для которого известны данные физ.-хим. анализу за весь период эксплуатации. В противном случае невозможно будет определить истинное состояние изоляции, а только изменение СП за последний период. Особенно это важно для состарившейся изоляции (СП ≈ 250), для которой характерны реальные отклонения от линейной зависимости СП от времени.

### Литература

1. **Аракелян В.Г.** Химия, механизмы и кинетика старения электроизоляционных целлюлозных материалов. Ч.2. – Электротехника. – 2006. – № 7.

УДК 621.314

А.В. ВАТЛЕЦОВ, инженер, Д.А. ВОРОШИН, инженер  
(ИГЭУ)

## **Безопасность информационных объектов в системе «Диагностика+»**

Система «Диагностика+» предназначена для ведения паспортных данных оборудования, испытаний и ремонтов, проведения диагностических экспертиз с выдачей протоколов, поиска, анализа и экспорта требуемой информации, предоставление нормативно-справочной информации.

Работа данного комплекса предполагается в структуре энергетического предприятия с одним центром и несколькими подразделениями, у которых в свою очередь могут быть свои подчиненные филиалы. В таких условиях производится занесение информации в базу системы на каждом узле, дальнейшее согласование и объединение данных по всем узлам, в результате которого каждый пользователь программы каждого узла должен получить свою актуальную информацию. Соответственно, при работе необходимо организовать безопасность информационных объектов в базе, как на этапе занесения данных, так и на этапе доступа к ним.

Система безопасности базы строится на нескольких принципах.

Во-первых, разделение узлов по функциям. Существует центр определения общих данных для всех предприятий – заносится общая нормативно-справочная информация, общие паспорта объектов, и другая информация актуальная вне зависимости от организации. Второй уровень – центр предприятия – там могут определять структуру своих объектов, связей между объектами, и другую информацию, необходимую для функционирования данного конкретного предприятия, эта информация является также актуальной и для всех его подразделений. Третий уровень – работа на узлах, занесение паспортов, данных по ремонтам и испытаниям и т.п.

Во-вторых, управление доступом к таблицам базы данных на каждом узле. Все пользователи разделены на группы, для которых администратор системы на данном узле предприятия определяет права доступа к отдельным блокам информации. Все изменения информации фиксируются и хранятся в журнале, доступном администратору.

В-третьих, проверка данных в процессе репликации. При объединении информации, занесенной на разных узлах, происходит верификация изменений – необходима ли передача информационных объектов от данного узла другому. Если данные не предназначены для работы на другом узле – они и не будут переданы.

И, наконец, безопасность объекта по его принадлежности к узлу. Информация, занесенная на старшем узле и относящаяся к общей – доступна для чтения, т.е. не может быть изменена на младших узлах.



УДК 621.314

А.В. ВАТЛЕЦОВ, Д.А. ВОРОШИН, Ю.Ю. РОГОЖНИКОВ, к.т.н.  
(ИГЭУ)

## **Особенности применения систем реального времени для обеспечения безопасной эксплуатации трансформаторного оборудования**

Силовые трансформаторы являются сложными техническими устройствами подверженными значительным рискам повреждений и представляют собой объект повышенной опасности. Для обеспечения их безопасной эксплуатации наиболее эффективными себя показали системы непрерывного мониторинга технического состояния. Подобного рода системы представляют собой сложные аппаратно-программные комплексы и функционируют на основе специального программного обеспечения.

Считается, что использование программных систем реального времени (СРВ) повышает надёжность таких систем. Однако большинство современных средств мониторинга, использующих для работы компоненты СРВ, не могут таковыми называться. Главной отличительной особенностью СРВ, построенной на основе механизма события является гарантия отклика системы за определённый установленный период времени. При этом СРВ вовсе не являются системами гарантированной обработки событий. События в СРВ после их обработки могут принимать 2 базовых состояния: выполнено/не выполнено. При этом, в зависимости от архитектуры СРВ событие, в случае невозможности выполнить его за установленный интервал времени, либо удаляется, либо сохраняется и перемещается в другое место очереди событий. При этом для систем второго рода велика вероятность переполнения стека событий, поэтому область их применения достаточно специфична. Системы первого рода более распространены из-за большей простоты и надёжности. Однако эти системы имеют главный и основной недостаток: удаление события из очереди событий должно корректно обрабатываться инициатором этого события и, таким образом, вся ответственность за целостность и сохранность информации лежит на нём. При этом такой вывод справедлив для всех компонентов программно-аппаратного комплекса. При этом важно помнить, что СРВ является СРВ только и только в том случае, если все без исключения её компоненты тоже являются СРВ.

При использовании систем мониторинга для обеспечения безопасной эксплуатации трансформаторного оборудования должны обеспечиваться требования оперативности и целостности информации, получаемой системой. При этом важно разделять информацию по важности и необходимости использования при длительной эксплуатации. Наиболее эффективным будет использование СРВ только для крайне важной и оперативной информации.

## Применение методов семантического анализа для оценки знаний в системах дистанционного обучения

Одна из основных проблем систем дистанционного обучения (СДО) – низкое качество и неразвитость технологии оценки знаний. Процесс оценки знаний в системах подобного рода часто крайне упрощён и не всегда адекватен реальным знаниям обучаемого. Показ вариантов ответов в некоторых случаях позволяет угадать правильный ответ и получить оценку выше нуля при отсутствии знаний.

Для повышения качества оценки предлагается использовать двухэтапный подход, базирующийся на методах семантического анализа. На первом этапе СДО предлагает ввести правильный ответ в виде текста и сравнивает ответ с эталоном. Второй этап и оценка выше нуля будут предложены только при частичном совпадении ключевых слов ответа с эталоном. На втором этапе СДО уточняет оценку, показывая обучаемому варианты ответов, в зависимости от результата, полученного на первом этапе.

Пусть существует некое тестовое задание  $T(Q,A)$ , представляющее из себя пару вопрос(Q)-ответ(A), где вопрос – сформулированный в произвольной форме пакет информации, направленный от системы к обучаемому, а A – ответ обучаемого, сформулированный им на языке, близком к естественному и доступный системе в символьном виде. Представим A как множество слов W из множества символов  $g$ :  $A = \{W_1, W_2 \dots W_n\}$  и  $W = \{r_1, r_2 \dots r_n\}$ . Введём понятие эталона и представим его как множество кортежей соответствия:  $E = \{S(\hat{W}, g, R)_1, S(\hat{W}, g, R)_2 \dots S(\hat{W}, g, R)_n\}$ , где  $\hat{W} = \{\hat{r}_1, \hat{r}_2 \dots \hat{r}_n\}$  – эталонное слово,  $g$  – максимально допустимое отклонение,  $R = \{\tilde{W}_1, \tilde{W}_2 \dots \tilde{W}_n\}$  – множество слов-субститутов эталона.

Оценка знаний выполнится в два этапа:

- 1) определится похожесть слов из множества A словам из  $\bigcup R \in E$ ;
- 2) уточнится результат, предлагая обучаемому выбор подходящего слова из множества слов-субститутов R.

Похожесть слов на этапе 2 можно определить с помощью любого известного метода, например расстояния Левенштейна.

В результате оценка знаний  $[0, 1]$  может быть вычислена по формуле:

$$O = \frac{\sum_{i=1}^n \begin{cases} 1, \exists! S(\hat{W}, g, R), W = \hat{W}; \\ 0 \end{cases}}{n}$$

УДК 658.382

А.Г. ГОРБУНОВ, к.т.н., доцент, О.О. ПАТЕНКОВА, студентка  
(ИГЭУ)

## Об измерении прямой блескости

Прямая блескость ( $P$ ) является важным параметром, характеризующим условия труда по фактору «световая среда». Превышение им значений, установленных в [1] приводит не только к более быстрому утомлению зрительного анализатора, но часто маскирует визуальную информацию об опасности. В настоящее время как теоретическое, так и экспериментальное определение значения  $P$  базируется на модели «вуалирующей пелены», предложенной в [2] и принятой IX сессией МКО, которая имеет ряд недостатков. Так при расчете  $P$  возникает погрешность, обусловленная отсутствием достоверных сведений о коэффициенте отражения рабочей поверхности, необходимом для определения яркости адаптации. При экспериментальном определении  $P$  по данной модели резко возрастает объем измерений и трудозатраты на их обработку. Указанные недостатки в полной мере проявили себя в 90-е годы при разветывании работ по аттестации рабочих мест по условиям труда. Попытка преодоления этих трудностей предпринята в [3]. Применение этой методики действительно позволило существенно сократить объем работ, однако она пригодна только для линии зрения направленной вдоль помещения горизонтально или ниже горизонта, и не устраняет субъективизм при определении коэффициентов отражения потолка, стен и пола. Радикально преодолеть указанные недостатки, по мнению авторов, возможно при замене модели [2] на другую модель, основанную на компьютерной обработке цифровой фотографии панорамы попадающей в поле зрения работника при произвольной ориентации линии зрения. Фотографирование производится в определенном стандартном режиме. Компьютер, сканируя фотографию, определяет яркость каждого пикселя экрана и рассчитывает формальный параметр в зависимости от яркости поля адаптации (задается пользователем), яркости и положения на экране ярких объектов.

### Литература

1. **СНиП 23-05-95** «Естественное и искусственное освещение».
2. **Holladay L.** Fundamentals of glare and visibility, JOSA, 1926, 12.
3. **МУ ОТ РМ 01-98** «Оценка освещения рабочих мест».

УДК 658. 382

С.Ю. КАПУСТИН, к.т.н., доцент, Н.М. МАХОВ, к.т.н., доцент  
(ИГТА)

В.П. СТРОЕВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Эргономическая оценка рабочей позы водителя автомобиля**

Для решения инженерно-психологических и эргономических задач хорошие результаты дают субъективные методы оценки удобства и дискомфорта рабочей позы.

В эргономике субъективные методы исследования удобства рабочей позы позволяют оценить степень выраженности общего комфорта сомы, локальный соматический комфорт и его динамику посредством собственных ощущений соотношения звеньев тела, задаваемых параметрами сидений и рабочей поверхности, их изменениями и т. п.

Теоретически хорошо сконструированным может считаться рабочее сидение и поза, принимаемая при его использовании, не вызывающие дискомфорта в течение длительного времени. Комфортным при этом следует считать любое индифферентное состояние, а вот дискомфорт можно градуировать по степеням: от слабо выраженного до крайнего или непереносимого. Только в случае, когда внимание сидящего отвлекается от предмета труда ощущениями, возникающими в тех частях тела, которые не имеют непосредственного отношения к выполнению производственной задачи, можно говорить о состоянии дискомфорта.

Для оценки дискомфорта рабочей позы водителя автомобиля ГАЗ-33021 применили «метод оценки локального комфорта», предложенный Е.М. Беннетом. При использовании этого метода тело человека делится на зоны. Дробность деления различна, от восьми зон (шея, плечи, грудь, поясница, ягодицы, бедра, голени, стопы) до деления на более мелкие участки. Испытуемый указывает участок тела, в котором ощущается дискомфорт, а различная штриховка этого участка показывает степень его выраженности. Оценку проводили через 1-2 часа и через 3-4 часа, что не только отражает требования методики, но и существенно упрощает проведение исследований, не перегружает работу, как водителей, так и исследователей. Метод позволяет рационально организовать труд водителя автомобиля ГАЗ-33021.

УДК 621.316

Д.А. КЛИМОВ, ассистент, Е.Ю. КОМКОВ, аспирант  
(ИГЭУ)

## **Определение допустимых нагрузок трансформатора на основе мониторинга**

Проблема контроля состояния работающего электрооборудования является важной задачей разработчиков систем мониторинга. Для целей блокировки развития аварий создаются целые комплексы систем наблюдения, но при этом редко учитываются показатели возможности появления дефекта.

При нормальной эксплуатации трансформатора могут случаться моменты сравнительно небольших перегрузок. В такие моменты системы защитной автоматики не срабатывают. Однако даже при незначительном увеличении тока нагрузки процесс старения изоляции трансформатора может увеличиться в несколько раз из-за нарастающего повышения температуры обмоток.

Для контролирования состояния трансформатора, с учетом появления возможных аварийных ситуаций, создана система мониторинга, позволяющая производить комплексную оценку его состояния по набору снимаемых параметров. Такая система включает в себя датчики температуры верхних слоев масла трансформатора и окружающей среды, датчики токов нагрузки и др., контроллер, компьютерную систему обработки и представления информации.

Обработанный контроллером сигнал поступает в персональный компьютер. Специально разработанный для целей мониторинга программный комплекс выполняет необходимые расчеты. Для определения допустимой нагрузки трансформатора существует подсистема, в основе которой лежат правила и нормы, регламентируемые (1).

Для расчета допустимого времени работы трансформатора в текущем состоянии необходимо знать график предшествующей нагрузки, температуру охлаждающей среды, значения номинальных параметров. Поскольку при разных температурах охлаждающей среды износ изоляции будет разным при одинаковом значении тока нагрузки, считаем, что снятые показания токов относятся к режиму работы трансформатора с перегрузкой; далее осуществляем уточнение этого утверждения.

По графикам нагрузки, представленным в относительных единицах, определяем состояние нашего трансформатора. Интерполируя такие параметры как: относительная нагрузка, предшествующая перегрузке, относительная перегрузка, температура охлаждающей среды и время работы, рассчитываем допустимое время работы при текущем режиме нагрузки.

### **Литература**

1. **ГОСТ 14209-97.** Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.

## Модель эксплуатации силового трансформатора

В настоящее время недостаточно внимания уделяется потерям в трансформаторе. Несмотря на то, что КПД составляет 99 %, за весь срок службы (25-30 лет) потери в трансформаторе могут превышать его стоимость, это является серьезным основанием для рассмотрения возможности замены существующего, еще не выработавшего свой ресурс трансформатора на новый с наибольшим КПД. При проектировании современных трансформаторов наблюдается тенденция к снижению потерь. Снижение потерь  $X.X$  достигается за счет применения улучшенных марок стали, усовершенствования технологии изготовления магнитной системы и раскроя стали, улучшения конструкции сердечника и стыков листов стали, увеличения  $U_k$  и снижения испытательных напряжений. Уменьшение нагрузочных потерь достигается снижением плотности тока путем увеличения сечения обмоток использованием транспонированного провода. Рассмотрим задачу линейного программирования по определению наилучшего варианта эксплуатации оборудования на примере блочного трансформатора ТДЦ-400000/500 на временном интервале 25 лет, начиная с 1980 г., и рассчитаем возможность его замены через каждые 5 лет. Полная стоимость трансформатора состоит из его цены, стоимости транспортировки, стоимости монтажа, стоимости обслуживания и стоимости потерь. Полная расчетная стоимость, приведенная к инфляции соответствующего года, и данные о стоимости потерь сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Данные трансформатора ТДЦ 400000/500

Показатели \ годы	1980	1985	1990	1995	2000	2005
Полная стоимость трансформатора, тыс. руб.	4760	4940	5530	6270	8530	11000
Годовые потери холостого хода $\cdot 10^6$ кВт $\cdot$ ч	27,16	25,22	21,068	20,34	20,34	19,01
Годовые нагрузочные потери $\cdot 10^6$ кВт $\cdot$ ч	11,7	11,2	10,5	10,1	10,1	10,04
Потери трансформатора за 25 лет, тыс. руб. (тариф 0,6 руб./кВт ч)	5829	5463	4735,2	4566	4566	4357,5

Используемая модель дает ответы на два вопроса, нахождение наиболее дешевого варианта и нахождение оптимального варианта эксплуатации трансформатора. Наиболее дешевым вариантом остается эксплуатация трансформатора 1980 г. выпуска все 25 лет, наиболее оптимальный вариант – это замена на новый в 1990 г., в этом случае экономия только на потерях составит 652 тыс. руб.

### Литература

1. **Лизунов С.Д.,** Лоханин А.К. Проблемы современного трансформаторостроения в России // Электричество. – 2000. – № 8,9.
2. **Шифрин Л.Н.** Первый блочный трансформатор 500 кВ нового поколения типа ТДЦ-400000/500 для Бурейской ГЭС // Электро. – 2005. – № 1. – С. 28-31.

## **Использование результатов аттестации рабочих мест для организации эффективной системы управления охраной труда**

За десятилетний период существования положения о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда накоплены большие информационные массивы о состоянии условий труда на производстве. На многих крупных предприятиях оснащенных корпоративными информационными системами эти сведения систематизированы и используются заинтересованными специалистами, однако должного применения информация об условиях труда так и не имеет.

Решение данной проблемы, на наш взгляд, кроется в создании системы управления охраной труда с более эффективным использованием результатов аттестации рабочих мест на базе современных информационных технологий.

Система управления охраной труда должна обеспечивать обмен и передачу следующей информации:

- передачу информации об условиях и охране труда между различными уровнями управления и подразделениями организации;
- получение необходимой информации по охране труда от внешних заинтересованных организаций, ее документального оформления;
- передачу информации по условиям и охране труда для заинтересованных сторон.

Информация об условиях и охраны труда на 90 % содержится в материалах аттестации рабочих мест по условиям труда, причем, многие показатели аттестации имеют количественную оценку, что позволяет обеспечивать более эффективный контроль результативности охраны труда и анализ состояния условий труда.

Аттестация рабочих мест позволяет контролировать следующий перечень показателей:

- санитарно-гигиенические и психофизиологические факторы;
- обеспеченность средствами индивидуальной защиты;
- травмобезопасность рабочих мест;
- необходимость льгот, компенсаций и медицинских осмотров за вредные условия труда;
- выполнение мероприятий, направленных на устранение нарушений и вредных факторов.

Контроль данных показателей на всех уровнях системы позволяет обеспечить администрацию предприятий в принятии грамотных управленческих решений в области охраны труда.

УДК 536.46+614.841

М.Ю. ОВСЯННИКОВ, к.т.н., доцент, Н.В. МУРЗИН, ст. инспектор ПО  
(ИВи ГПС МЧС РФ, г. Иваново)

## **Модель начальной стадии пожара в помещении одноэтажного здания при работе противодымной вентиляции**

Обеспечение безопасной эвакуации людей из помещений здания является важной задачей пожарной безопасности людей. Для выполнения этой задачи безопасности необходимо знать, как в помещении изменяются температура газовой среды, концентрации её компонентов, оптическая плотность дыма, т.е. необходимо знать динамику опасных факторов пожара (ОФП) в помещении.

Модель начальной стадии пожара разработана на основе интегрального метода термодинамического анализа пожара в помещении. Исследован случай возникновения пожара в помещении здания, непосредственно несвязанном с атмосферой, смежные помещения расположены «вокруг» помещения с очагом горения. Помещения здания имеют одинаковые конструкции. В помещении с очагом пожара устроена противодымная вентиляция для удаления продуктов горения. Она обеспечивает защиту дверных проёмов эвакуационных выходов помещения с очагом пожара от проникновения дыма в смежные помещения. Двери эвакуационных выходов помещений открыты для эвакуации людей.

Базу математической модели составляют системы обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих динамику ОФП в помещениях здания. При разработке модели учтено, что в реальных условиях эксплуатации зданий, как правило, параметры сред в смежных помещениях перед пожаром идентичны или они незначительно отличаются. Следовательно, смежные помещения можно рассматривать как одно общее смежное помещение, расположенное «вокруг» помещения с очагом пожара. В этом случае задача о динамике ОФП в помещении с очагом пожара значительно упрощается.

В результате получено аналитическое решение проблемы о динамике (ОФП) в помещении с очагом горения при работе противодымной вентиляции. Аналитические решения позволяют описать динамику ОФП для случаев горения в помещении разных видов пожарной нагрузки: горючих жидкостей (стационарное и нестационарное горение), твёрдых горючих материалов (круговое и линейное распространение горения по поверхности материалов). Полученные решения упрощают проведение термодинамического анализа пожара в помещениях здания и могут быть использованы для обоснования объёмно-планировочных решений зданий, сооружений, в том числе объектов энергетики и определения необходимого времени эвакуации людей из помещений.



## **Комплексная оценка допустимости техногенной нагрузки на территориально-природный комплекс**

В настоящее время стало очевидно, что качество окружающей среды невозможно обеспечивать только на основе соблюдения требований нормативных показателей (ПДК, ПДУ, ПДВ, ПДС), в связи с чем возникла необходимость установления пределов техногенной нагрузки на территориально-природный комплекс и появилось понятие ПДТН – предельно допустимая техногенная нагрузка.

Оценка допустимости техногенной нагрузки на территориально-природный комплекс включает в себя решение целого ряда задач.

В частности, выполняется анализ степени техногенного поражения путем сравнения техноемкости и напряженности экологической обстановки на исследуемой территории.

Кроме того, рассматриваются возможность осуществления природоохранных мероприятий с целью компенсации негативного воздействия на окружающую среду. Формирование территориальной комплексной природоохранной программы производится построением иерархических деревьев критериев и диаграмм «затраты-результаты», с учетом затрат на реализацию мероприятий. Определение величин предотвращаемого экологического ущерба от реализации мероприятий выполняется путем создания структурно-целевой модели природоохранной программы.

Таким образом, учитываются социально-экономические особенности развития территории и затраты на обеспечение экологической безопасности, используются показатели экономической эффективности хозяйственного использования территории, корректируемые экологическими издержками.

Для снижения трудоемкости расчетов при выполнении оценки предусмотрено создание древовидных моделей и проведение вычислений с помощью комплекса компьютерных программ. Комплекс реализован в виде компьютерного практикума, разработанного на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» ИГЭУ и используется на практических занятиях и для самостоятельной работы по дисциплине «Природопользование» для студентов специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и по направлению 280200.62 «Защита окружающей среды».

Применение комплексного метода оценки допустимости техногенной нагрузки значительно снижает сложность решения проблемы экономического развития территории с учетом соблюдения принципов рационального природопользования, связанную с рассмотрением множества тесно связанных экологических, экономических и социальных факторов, позволяет выявить резервы экологической емкости исследуемой территории и пути снижения техногенной нагрузки.

## **Аспекты изучения экологических проблем современного общества методами активного обучения**

При изучении проблем современного общества в рамках социальной экологии появляется сложность в формировании у студентов целостного представления о том, как взаимосвязаны между собой сложившиеся структура потребления природных ресурсов, потребительская культура общества и те проблемы, которые возникают в окружающей среде как следствие этих процессов. Сочетание вербально-коммуникативных, демонстрационных и практических компонентов, используемых в методах активного обучения студентов, позволяет повысить степень понимания изучаемых вопросов. В докладе рассматривается опыт применения при изучении дисциплины «Социальная экология» адаптированных методов активного обучения: «четыре угла», «case-study», «1x2x4x8...» [1].

В частности, разнообразие точек зрения на вопросы совместности человеческого общества с природой, на понятия «природа», «гармоничное развитие человека и природы», выявляется с помощью дискуссионного обсуждения проблем методом четырех углов, в процессе которого студентам предлагаются четыре высказывания, отражающие точки зрения на рассматриваемое понятие или утверждение (тезис). Каждый из студентов должен выбрать то из высказываний, которое наиболее точно соответствует его представлениям о рассматриваемой проблеме. В результате формируется группа студентов, коллективно обосновывающая свои взгляды другим группам.

Различие в ущербах человеку и окружающей среде при определенном уровне обеспечения потребностей современного человека отчетливо выявляется при использовании метода «case-study» (изучения ситуаций), когда распределенные по группам студенты рассматривают ситуацию из повседневной жизни, выявляют ущербы и разрабатывают свои пути их снижения.

Целостное изучение компонентов социозэкосистем организуется с использованием адаптированного метода «1x2x4x8...», что подразумевает разделение всего объема изучаемой информации на части-папки, каждая из которых анализируется и дополняется одним студентом. После индивидуальной работы с информацией студенты объединяются в группы по 2 человека и обмениваются знаниями. Далее размер группы увеличивается до 4 человек и процесс обмена знаниями повторяется. Итоговой частью работы является объединение всех групп и формирование полного объема знаний о социозэкосистеме.

### **Литература**

1. **Университетское образование: от эффективного преподавания к эффективно-му учению:** Сб. рефератов по дидактике высшей школы. – Мн., 2001.

## **Энергия «пустоты»**

В окружающей нас среде все больше становится всевозможных передатчиков, и мощность окружающего нас излучения постоянно растет. С другой стороны, мощность, потребляемая электронными приборами, постоянно падает. Рано или поздно эти две кривые должны были пересечься, и сейчас как раз настал тот момент, когда огромное множество приборов уже способно работать на энергии окружающего их электромагнитного излучения. Уже разработаны прототипы источников питания, способные заменить литиевую батарейку в маломощной аппаратуре. Самое очевидное применение таких источников энергии – различного рода датчики. Например, стандартные датчики с токовым выходом 4-20 мА потребляют мощность не более 0,5 Ватта (при желаемой указанная мощность может быть снижена в несколько раз без потери функциональных качеств). А модуль передачи данных стандарта Bluetooth в активном режиме потребляет не более 0,3 Ватта и при этом способен передавать сигнал на расстояние до 100 метров, причем передача происходит на частоте 2,4 ГГц при использовании метода ШПС (шумоподобный сигнал), что сводит к минимуму влияние помех. Таким образом, на сегодняшний день вполне возможно создание датчика, который энергию для своей работы будет черпать из окружающего электромагнитного поля и передавать данные по беспроводному интерфейсу, и при этом его размеры могут оставаться весьма миниатюрными. Достоинства такого устройства очевидны. Он не требует обслуживания, не требует прокладки линий связи и линий питания, его срок службы может быть практически неограничен, и они могут быть установлены практически в любом месте. Целесообразнее устанавливать подобные датчики на объектах, вокруг которых существует сильное электромагнитное поле. Примерами таких объектов могут являться крупные электромашины (генераторы, трансформаторы, двигатели). Датчики могут быть установлены в самых труднодоступных местах, например, они могут быть установлены внутри блочного маслонаполненного трансформатора для определения температуры наиболее горячей точки.

А в перспективе вполне возможно создание миниатюрных устройств (микроботов), которые будут способны проникнуть в самые труднодоступные места (например, микроскопическая подводная лодка для обследования внутреннего состояния маслонаполненного оборудования или кровеносных сосудов человека).

### **Литература**

1. **Электроэнергетика**, №3, 2006.

УДК 536.2:518

А.К. СОКОЛОВ, д.т.н., профессор, Ю.М. ОВСЯННИКОВ, аспирант  
(ИГЭУ)

## Об аппроксимации температурного поля прямоугольной призмы в начале нагрева

В работе [1] предложена аппроксимация температурного поля прямоугольной призмы в фиксированные моменты времени  $\tau$  уравнением

$$T(X, Y) = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + a_3 Y + a_4 Y^2, \quad (1)$$

где  $X, Y$  – безразмерные координаты  $X=x/R_x, Y=y/R_y, a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  – коэффициенты аппроксимации. Уравнение (1) точно описывает распределение температур  $T(X, Y)$  только в квазистационарном режиме нагрева с постоянными потоками теплоты на гранях призмы и числе Фурье  $Fo \geq 0,5$ , где  $Fo = a \cdot \tau / R^2, a$  – коэффициент температуропроводности,  $\tau$  – время,  $R$  – размер призмы по оси  $x$  или  $y$ .

Для более точного описания  $T(X, Y)$  в начальной стадии нагрева, например при оценке степени огнестойкости неметаллических строительных конструкций, желательно, чтобы при увеличении чисел  $Fo$  от 0 до 0,5 показатели степени в уравнении типа (1) изменялись от  $\infty$  до 2.

Представим, что температурное поле призмы является суперпозицией четырех одномерных температурных полей

$$T(X, Y) = T_1(X) + T_2(X) + T_3(Y) + T_4(Y) \quad (2)$$

с начальными условиями  $T_1(X)=T_n, T_2(X)=0, T_3(Y)=0, T_4(Y)=0$  и потоками теплоты на гранях  $q_{x=1}, -q_{x=0}, q_{y=1}, -q_{y=0}$ . Температурные поля для момента времени  $\tau$  аппроксимируем степенными функциями:

$$T_1(X)=a_0+a_1 \cdot X^{n_x}, T_2(X)=a_2 \cdot (1-X)^{n_x}, T_3(Y)=a_3 \cdot Y^{n_y}, T_4(Y)=a_4 \cdot (1-Y)^{n_y}, \quad (3)$$

где  $n_x$  и  $n_y$  – показатели степени, которыми для исключения записи «индекс индекса», обозначены  $n_x = n_x$  и  $n_y = n_y$ , зависящие от соответствующих чисел Фурье (например,  $n_x = n_x = n_x(Fo_x), Fo_x = a \cdot \tau / R_x^2$  или в общем виде  $n(Fo)$ ).

Выражение для расчета  $n(Fo)$  получено ранее для неограниченной пластины при граничных условиях II рода из точного аналитического решения дифференциального уравнения теплопроводности.

С учетом (3) уравнение (2) примет вид:

$$T(X, Y) = a_0 + a_1 \cdot X^{n_x} + a_2 \cdot (1-X)^{n_x} + a_3 \cdot Y^{n_y} + a_4 \cdot (1-Y)^{n_y}. \quad (4)$$

Интегрируя (4) из него можно получить выражения для определения средней массовой температуры, температур граней и углов.

Методика определения коэффициентов  $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  описана в [1].

Применение аппроксимации (4) вместо (1) позволит уточнить расчет температурного поля призмы при  $Fo < 0,5$ .

### Литература

1. Соколов А.К., Попов Г.В. Решение задач теплопроводности численно-аналитическим методом сложения температурных полей // Изв. АН. Энергетика. – 2002. – № 4. – С. 118–130.

УДК 504.054

А.К. СОКОЛОВ, д.т.н., профессор, Е.А. ПЫШНЕНКО, к.т.н., доцент,  
М.Н. КУКУШКИН, к.э.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Особенности воздействия на природную среду в исторические периоды развития ХМАО**

Характер воздействий на природную среду ХМАО определяется образом жизни коренных народов (хантов, манси и др.) и особенностями хозяйственной деятельности для удовлетворения интересов (потребностей) этих народов, государства и приезжего населения.

В развитии взаимоотношений людей с природной средой и образа жизни коренных народов можно выделить на следующие этапы: 1) период автономного эволюционного развития; 2) царский период; 3) советский период до начала нефтедобычи; 4) период добычи нефти и газа; 5) восстановительный период (после исчерпания нефти и газа).

До прихода в Сибирь русских все необходимое для жизни (только!) коренных народов: рыбу, мясо, плоды растений, материал для одежды и жилища бралось от природы. Системы традиционного природопользования были экологически сбалансированными.

С приходом русских образ жизни коренных народов заметно изменился: русские познакомили их с хлебом, который они стали употреблять в большом количестве, и с водкой. За удовлетворение новых потребностей и налоги (подати) коренные народы расплачивались оленьими и звериными шкурами, рыбой. Воздействие на природную среду возросло и стало разрушительными: поголовья оленей и зверей не успевали восстанавливаться; из-за вырубki лесов и лесных пожаров звери мигрировали; оленеводство пришло в упадок; началось вымирание народа. В советское время происходили как положительные (признание равноправия всех народов, создание письменности и национальной литературы, бесплатное образование и медицинское обслуживание, строительство культурно-просветительских заведений), так и отрицательные (создание колхозов, усиление эксплуатации природной среды) изменения в образе жизни коренных народов.

С началом разработки месторождений нефти воздействия на природную среду достигли критических масштабов, которые вызваны, прежде всего, изъятием и загрязнением земель, загрязнением поверхностных, подземных вод нефтью и отходами нефтедобычи и атмосферы. Экономическая эффективность традиционных видов деятельности стала относительно низкой. Численность коренных народов, как и россиян в целом, несмотря на принимаемые меры, продолжает снижаться.

После исчерпания запасов нефтегазовых месторождений требуется восстановление традиционных видов природопользования, которое будет невозможно без участия коренных народов, имеющих уникальный опыт выживания в суровых климатических условиях и ведения безопасных для природы видов деятельности.

## **Совершенствование лабораторной базы медико-биологического цикла подготовки специалистов**

Человек и среда обитания находятся в непрерывном взаимодействии, образуя постоянно действующую систему «человек – среда обитания».

Результат этого взаимодействия может изменяться в весьма широких пределах: от позитивного до катастрофического, сопровождающегося гибелью людей и разрушением компонент среды обитания. Негативный результат взаимодействия определяют опасности – негативные воздействия, внезапно возникающие, периодически или постоянно действующие в системе «человек – среда обитания».

Различают опасности техногенного и антропогенного происхождения. Анализ данных по техногенным авариям и катастрофам показывает, что значительная доля опасностей возникает в результате ошибочных, неправильно принятых человеком решений, когда он сам становится источником опасности. По статистике около 45 % аварийных ситуаций на АЭС, свыше 60 % аварий на объектах с повышенным риском, 80 % авиакатастроф и катастроф на море, а также 90 % автомобильных аварий происходит из-за неправильных действий людей.

Свойство людей ошибаться является функцией их психологического состояния, и интенсивность ошибок во многом зависит от состояния окружающей среды и действующих на человека нагрузок.

Таким образом, исследования функционального состояния организма человека и его работоспособности в динамике рабочей смены чрезвычайно важны. Они позволяют установить характер изменений физиологических функций и работоспособности работника в зависимости от вида труда, организации рабочего места и величины рабочей нагрузки.

Для оценки состояния функциональных систем организма проводятся психофизиологические исследования, в которых определяется величина и направленность изменений изучаемых показателей в течение рабочей смены.

В связи со значимостью и важностью данных исследований для их проведения требуется соответствующая лаборатория, отвечающая всем требованиям с точки зрения эстетики, функциональности, рациональности и безопасности, и оснащенная необходимым оборудованием: тренажерами, кардиографами, велоэргометрическими комплексами, оборудованием для психологического и психофизиологического тестирования.

## О вариофикации опасных техногенных воздействий

Вариофикация техногенных воздействий предусматривает отыскание причин техногенного происшествия, которое принимается главным. Оно характерно тем, что обязательно приводит к опасным последствиям. Причины представляются всевозможными вариантами цепных процессов в пределах исследуемого периода, разделяемых промежуточными событиями и начинаемых отправными.

Вариофикация выполняется для идентифицированных, признанных опасными стохастических воздействий [1]. Выбранное техногенное происшествие представляется предварительными сведениями о наименовании и функции устройства, в котором оно совершается; о компонентном составе источника воздействия, представляемого технетической системой; о процессах, которые могут протекать в источнике воздействия; о действиях работников относительно устройства.

Вариофикация проводится в следующем порядке: ассоциирование техногенного происшествия с предваряющими технетическими процессами; составление цепей процессов, перемежаемых событиями, начиная с предваряющих и заканчивая отправными процессами; раскрытие процессов и событий, следующих за техногенным происшествием.

Вариофикация, направленная на создание причинно-следственной модели техногенных стохастических воздействий, осуществляется вербальными и графическими способами. Вербальная вариофикация приводит к тому, что все процессы, события и действия работников именуется и располагаются в хронологическом порядке. Графическая вариофикация предусматривает построение дерева. Дерево стохастических воздействий визуализирует цепи процессов и событий. Вершины дерева изображают события. Дуги показывают процессы. Между вершиной и дугами дерева помещается указатель, сообщающий о совместности участия процессов в событии.

Вариофикация позволяет обнаруживать опасные происшествия и процессы на ранних стадиях их возникновения для принятия проектно-конструкторских или эксплуатационных решений, повышающих безопасность или снижающих стохастичность технетической системы.

### Литература

1. **Чернов К.В.** Прикладные аспекты техногенной безопасности: обнаружение техногенных воздействий // Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XII Бенардосовские чтения). – Т. 2. – Иваново. – 2005. – С.174.

## О надёжности и безопасности технетического устройства

Термин «технетическое устройство» указывает на применение сциенто-системнологического подхода к исследованию проблем техногенной безопасности [1]. Технетические устройства предстают в виде приспособлений, инструментов, механизмов, приборов, машин, аппаратов, агрегатов, установок и сооружений.

Свойство технетического устройства сохранять во времени способность к выполнению соответствующей технологии производства продукции функции называется надёжностью.

Стохастичность функционирования технетического устройства количественно выражается, в частности, вероятностью отказа. Высокая вероятность указывает на недостаточную надёжность устройства. Кроме того, отказ становится техногенным событием, начинающим процессы воздействия. Значимость техногенного воздействия определяется его уровнем.

Безопасность технетического устройства следует рассматривать как свойство, проявляющееся в способности выполнять соответствующую технологии производства продукции функцию без возникновения техногенных детерминированных и стохастических воздействий послекритического уровня.

Недостаточная надёжность устройства не означает что оно опасно. Высокая надёжность устройства совпадает с его безопасностью только тогда, когда отказы не приводят к послекритическим воздействиям.

Надёжность и безопасность разнятся следующим:

- длительность выполнения устройством своей функции характеризует его надёжность, но не определяет безопасность;
- безопасность устройства определяется отсутствием детерминированных и стохастических воздействий послекритического уровня, а надёжность уровнями техногенных воздействий не обуславливается.

Надёжное технетическое устройство является таким же опасным, как и менее надёжное, если их опасноспособности [2] имеют сопоставимые значения.

### Литература

1. **Чернов К.В.** Теоретико-методологическое обоснование техногенной безопасности // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. – №1. – С. 42-45.
2. **Чернов К.В.** Техногенная безопасность: опасноспособность техногенного устройства // Безопасность жизнедеятельности. – 2006. – № 3. – С.7-12



УДК 612.821.2

В.П. ДЕПУТАТОВ, д.м.н., профессор, Е.Ф. АКСЮТА, д.т.н., профессор,  
Г.Б. ГРИШИНА, ст. преподаватель  
(ШГПУ)

## Портативное устройство для измерения времени торможения двигательной реакции человека-оператора

Одной из информационных характеристик, выявляемых при исследовании процессов трудовой динамики человека-оператора, является его способность максимально быстро остановить статически заданное физическое усилие. Данная характеристика является чувствительным показателем при исследовании утомления и психофизиологической напряженности человека-оператора в условиях производства. Разработано устройство, позволяющее количественно оценить (измерить) время торможения статической двигательной реакции человека-оператора в зависимости от количественной характеристики последней (сила статического действия). Схема устройства изображена на рисунке.

Схема устройства состоит из динамометра (Д), работающего на сжатие и градуированного до 10 кг, время измерительного устройства (ВИУ) и источника дозированного светозвукового (ИР) раздражения.

Динамометр установлен на вертикальном щитке и регулируется с помощью вертикального ряда крепежных крючков, градуируемых значениями статических усилий (1 кг, 2 кг, 3 кг, 4 кг, и т.д.)

На конце движущегося штока динамометра установлено кольцо (с), куда вставляется палец испытуемого. Кольцо снабжено подвижным контактом (К1). Неподвижный контакт (К2) закреплен на щитке.

Устройство работает следующим образом. Динамометр устанавливается на высоте, соответствующей заданному статическому усилию, которое возникает при сжатии пружины динамометра пальцем, вставленным в кольцо. При этом подвижный контакт (К1) входит в соприкосновение с неподвижным контактом (К2) и замыкает электрическую сеть (ВИУ) по входу 2.

Испытуемый, удерживая подвижный контакт (К1) в соприкосновении с неподвижным контактом (К2), сжимает пружину динамометра и тем самым совершает заданное по силе статическое действие.

Экспериментатор, воздействуя на источник раздражения (ИР), предъявляет испытуемому сигнал раздражения (свет, звук). При этом

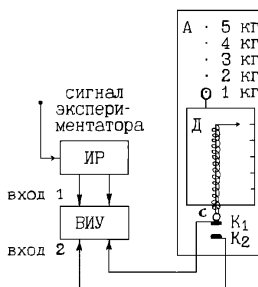


Схема устройства

синхронно с сигналом раздражения по входу 1 включается времяизмерительное устройство (ВИУ).

Испытуемый, восприняв сигнал раздражения, отпускает пружину динамометра. При этом электрическая цепь ВИУ по входу 2 разрывается и времяизмерительное устройство (ВИУ) останавливается.

На цифровом экране ВИУ фиксируется измеряемое в миллисекундах время латентного периода торможения статической реакции.

Учитывая большой «разброс» временных характеристик латентных периодов реакций вообще, рекомендуется многократное измерение (не менее десяти) времени торможения двигательных реакций с последующим вычислением среднестатистических параметров.

Тем не менее, в условиях производства достаточно 10 минут для указанных измерений.

Полученные при применении данной методики и устройства физиологические параметры могут успешно быть использованы не только для исследования биодинамики человека-оператора, но оказаться ценными для практической выработки комплексных мероприятий по профилактике утомления на производстве, снятию психо-эмоционального напряжения и улучшению условий труда.

#### Литература

1. **Боголепов Н.К.**, Боксер О.Я., Горбунов Ф.Е., Гречко В.Е., Гурвич Г.И. К методике нейротахометрии здорового и больного человека. Методическое письмо. Министерство здравоохранения СССР. – Москва-Иваново, 1970.

УДК 534.06

А.П. РУДЕНКО, д.ф.-м.н., профессор, А.М. ХЛОПОВ, ст. преподаватель,  
А.В. БАБИЧ, ст. преподаватель  
(ПГПУ, Украина, г. Полтава)

## Исследование вязко-упругих свойств метоксибензола

Исследование органических соединений представляет большой интерес для молекулярной акустики. Подобные соединения нашли широкое применение в различных областях науки и техники.

Настоящая работа посвящена выяснению влияния замены атома водорода атомом кислорода и метильной группой на упругие свойства.

Авторами проведены измерения плотности ( $\rho$ ), вязкости ( $\eta_s$ ), хвосты распространения ( $c$ ) и коэффициента поглощения ( $\alpha/f^2$ ) ультразвуковых волн в диапазоне температур от 293 до 363 К. Скорость и поглощение звука измерялись импульсно-фазовым методом с погрешностью для скорости 0.1 % и для поглощения  $\approx 3$  % [3]. Плотность измерена пикнометрическим методом с погрешностью 0.01 %. Коэффициент сдвиговой вязкости измеряли вискометром с погрешностью

0.5 %. Используя значения  $\rho$  и  $\rho$  мы рассчитали модуль упругости  $K$  по формуле

$$K = \rho \cdot c^2$$

Результаты обрабатывались на ЭВМ в среде MathCAD 7.0 pro. Графики строились в системе Ахит 5.01.

Результаты измерений приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Упругие свойства бензола и метоксибензола

Т,К	$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг·м <sup>-3</sup>	С, м·с <sup>-1</sup>	$K \cdot 10^{-7}$ , Н·м <sup>-2</sup>	Т,К	$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг·м <sup>-3</sup>	С, м·с <sup>-1</sup>	$K \cdot 10^{-7}$ , Н·м <sup>-2</sup>
Бензол				Метоксибензол			
293	0.8792	1322	153.7	293	0.9957	1417	199.9
303	0.8686	1276	141.4	303	0.9861	1382	188.3
313	0.8580	1230	129.8	313	0.9765	1346	176.9
323	0.8474	1184	118.8	323	0.9669	1311	166.2
333	0.8364	1139	108.5	333	0.9573	1275	155.6
343	0.8259	1093	98.7	343	0.9476	1240	145.7
353	0.8148	1051	90.0	353	0.9380	1205	136.2
363	0.8042	1009	81.9	363	0.9284	1169	126.9

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что замена атома водорода атомом кислорода и метильной группой  $\text{CH}_3$  приводит к увеличению  $\rho$ ,  $c$ ,  $K$ .

В работе [1] показано, что модуль упругости зависит от межмолекулярного взаимодействия. Исходя из значений величины  $K$  для метоксибензола можно сделать вывод о том, что в метоксибензоле энергия межмолекулярного взаимодействия больше, чем в бензоле. Помимо этого проведены расчеты теплоты парообразования при нормальной температуре кипения  $\Delta H_v$  [2]. Полученные значения свидетельствуют об увеличении энергии межмолекулярного взаимодействия в метоксибензоле в сравнении с бензолом.

#### Литература

1. **Голик А.З.** Укр. Физ. Ж. – 1962. – №8. – С. 806-812.
2. **Рид Р.**, Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. – Л.: Химия, 1971.
3. **Сперкач В.С.**, Чолпан П.Ф., Синило В.Н., Золотарь А.Н. // Физика жидкого состояния. – Киев. – 1979. – Вып. 7. – С. 110-113.

## СЕКЦИЯ 12. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 620.197.6

С.С. ГОСУДАРЕВА, аспирант, В.А. ПОЛЕТАЕВ, д.т.н., профессор,  
И.А. КАРАМОВ, студент  
(ИГЭУ)

### **Повышение износостойкости деталей электронасосов электродуговой металлизацией**

Повышение качества изготовления агрегатов электронасосных центробежных скважинных для воды имеет важное народнохозяйственное значение. Агрегат состоит из центробежного насоса и погружного электродвигателя. Электродвигатели с высокими эксплуатационными характеристиками обеспечивают бесперебойную и эффективную работу электронасосов.

В большинстве случаев электродвигатели и насосы выходят из строя вследствие износа нагруженных деталей (валов, втулок и т.д.) при их контакте с резинометаллическими подшипниками и жидкостью, проходящей через элементы электронасоса. При этом у электродвигателей и электронасосов разрушается рабочая поверхность деталей (втулок, валов), которая контактирует с подшипниками и с жидкой массой. В основном эти детали изготовляют из дорогостоящих сталей – 40X13 и 12X188Н10Т. Качество поверхности из этих сталей уже нельзя существенно увеличить за счет легирования или термической обработки.

Поэтому дальнейшее улучшение качества рабочих поверхностей деталей агрегатов возможно только за счет замены марок сталей 12X18Н10Т и 40X13 на другую, более дешевую, сталь 45, и применения многокомпонентных покрытий.

Обработка электродуговой металлизацией шеек роторов осуществлялась на установке типа ТОМ-14Н. В качестве наплавочных материалов использовалась порошковая проволока Ш 2 мм марки 100X15 и 40X13. Перед металлизацией на шейки наносят резьбу с целью усиления сцепления металлизационного слоя с деталью. Затем шейки подвергают струйно-коррундовой обработке до получения сплошного матового состояния поверхности. Обработанную поверхность обдувают сжатым воздухом и затем наносят на шейки металлпокрытие. Металлизацию выполняют способом колебаний металлизатора по все длине шейки при использовании в качестве вращателя токарный станок: скорость вращения ротора 200 об/мин, подача – 1 мм/об. Температура нагрева металлизруемых шеек ротора не более 120°С.

После нанесения слоя металлизированные шейки шлифуют до номинального размера.

УДК 621.757.06

Л.В. БОЖКОВА, д.т.н., профессор, М.В. ВАРТАНОВ, д.т.н., профессор,  
Ю.Б. МОНАХОВА, аспирант  
(МГТУ «МАМИ», г. Москва)

## Математическая модель движения плоской детали по вибрационному ориентирующему устройству

Применение массивной коррекции при сопряжении деталей предполагает наличие у сопрягаемых деталей фасок или достаточно большой зазор между ними. В случае, когда одна из сопрягаемых деталей является тонкой, выполнение фаски на ней может оказаться невозможным, а большой зазор может быть недопустим вследствие потери ориентации. В этих случаях, а также в случаях хрупкой тонкой детали, целесообразно применение сборочных вибрационных устройств. Характер движения вибрационного устройства должен обеспечить устойчивое перемещение центра масс тонкой детали по поверхности сборочного ориентирующего диска вдоль траектории, которая асимптотически будет приближаться к центру гнезда диска.

Данное ориентирующее устройство представляет собой круглый диск, жестко соединенный со стержнем, который может равномерно совершать вибрационные вертикальные колебания, а также колебаться относительно двух горизонтальных взаимно перпендикулярных осей.

Чтобы проанализировать влияние амплитуды, частоты и конструктивных параметров устройства были разработаны дифференциальные уравнения движения собственного центра масс относительно подвижной системы координат связанной с диском. На основе математической модели необходимо провести исследование процесса относительного ориентирования.

Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки в векторной форме имело вид:

$$m\bar{a}_r = m\bar{g} + \bar{N} + \bar{F}_{TP} + \bar{F}_e^{ин} + \bar{F}_\kappa^{ин},$$

где  $\bar{a}_r$  – относительное ускорение;  $m$  – масса плоской детали;  $\bar{g}$  – ускорение свободного падения;  $\bar{N}$  – нормальная реакция плоскости ориентирующего диска;  $\bar{F}_{TP}$  – сила трения скольжения между плоской деталью и диском;  $\bar{F}_e^{ин}$  – переносная сила инерции;  $\bar{F}_\kappa^{ин}$  – кориолисова сила инерции.

При этом рассматривались два случая: движение детали с отрывом и без отрыва от опорной поверхности диска. При выводе уравнений использован аппарат матриц преобразования однородных координат. При записи начальных условий было введено допущение, что удар после возвращения детали на диск был абсолютно неупругим.

## **Направления развития импульсно-фазовых электроприводов**

Успешное решение задачи создания электроприводов в наибольшей степени отвечающих развитию современных IT-технологий связано с решением комплекса задач, обусловленных ростом требований к качеству и точности управления параметрами движения. При этом заметно меняется роль электропривода, и все большее внимание уделяется прецизионным устройствам в максимальной степени интегрированных в управляемые технологические агрегаты. В этой области, как в никакой другой, эффективность управления определяется скрупулезным учетом динамических особенностей управляемых объектов, характеристик измерительных преобразователей, принципов и методов управления. Анализ существующих электроприводов показывает, что большинство технических решений основывается на традиционно используемых принципах управления «механически» перенесенных на новые, цифровые, средства. При этом повышение точностных показателей достигается наращиванием «мощности» используемых микроконтроллеров, а «интеллектуализация» привода понимается как расширение сервисных функций системы управления. С другой стороны качественное регулирование параметров движения достигается в системах, построенных на принципах фазовой синхронизации. Развитие импульсно-фазовых прецизионных электроприводов может быть обеспечено при решении следующих задач:

1. Привлечение нетрадиционных для электроприводов аппаратных средств, обеспечивающих рациональное сочетание импульсных и цифровых средств обработки данных. Перспективным является использование реконфигурируемых систем на кристалле с «жестким» или загружаемым процессорным ядром.

2. Создание и использование методов повышения степени робастности системы. Решение этой задачи достигается «интеллектуализацией» контроллеров, которая на данном уровне управления наиболее эффективно обеспечивается посредством нечетких регуляторов, объединенных в так называемую «нейро-фаззи» сеть. Хотя такая конфигурация управления не обеспечивает самообучения регулятора, она вполне позволяет осуществлять эффективную адаптацию электропривода к различным режимам работы и существенно повышает помехозащищенность системы.

3. Инвариантное управление механизмом с целью компенсации ошибок преобразования информации в двигателе и измерителе.

4. Развитие средств поддержки жизненного цикла электропривода.

УДК 621.787.4

В.М. СОРОКИН, д.т.н., профессор, М.Е. СУСЛИК, В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент  
(АПИ НГТУ, НГСХА)

## Влияние регулярного микрорельефа на работоспособность ЦПГ двигателей

Для прогнозирования надёжности и долговечности двигателей машин, работающих на трение и износ необходимо иметь данные по интенсивности их изнашивания. Особенно это важно при внедрении новых способов финишной обработки поверхностей трения. Проводилось исследование по оценке работоспособности деталей ЦПГ двигателей, обработанных по стандартной технологии и способами ППФ вибронакатыванием (вибровыглаживанием) с образованием частично РМР. Оценка проводилась по критериям износостойкости и температурного состояния в цилиндре. Интенсивность линейного износа гильзы как элемента узла, работающего в наиболее неблагоприятных условиях, определяли по зависимостям:

$$j = \frac{h}{lN_0} ; j = \frac{1}{2v+1} \sqrt{\frac{vR_{\max}}{2\tau b^{1/\nu}}} \left(\frac{P_a}{HB}\right)^\gamma \left[\frac{1}{\varepsilon_p} \sqrt{\frac{2R_{\max}}{2\tau b^{1/\nu}}} \frac{1+\sigma_f}{1-\sigma_f}\right]^t .$$

Решая эти выражения относительно  $h$ , получим формулу для определения линейного износа

$$h = \frac{P_a^\nu l N_0}{2v+1} \sqrt{\frac{vR_{\max}}{2\tau b^{1/\nu}}} \left(\frac{1}{HB}\right)^\gamma \left[\frac{1}{\varepsilon_p} \sqrt{\frac{2R_{\max}}{2\tau b^{1/\nu}}} \frac{1+\sigma_f}{1-\sigma_f}\right]^t ,$$

где  $v, b$  – параметры кривой опорной поверхности;  $R_{\max}, \tau$  – максимальная высота и радиус закругления микронеровностей, соответственно;  $\sigma$  и  $t, \gamma$  – коэффициенты, характеризующие напряженное состояние и кривую усталости, соответственно;  $HB$  – твердость материала;  $P_a$  – контурное давление в контакте;  $l$  – длина гильзы;  $N_0$  – число циклов работы.

Замеры температуры проводились с помощью клеенных в головку цилиндра термодатчиков МТ-54М, при её стабилизации после вывода двигателя на режим максимальной мощности.

Проведенные расчеты и испытания позволили сделать ряд выводов. Микрогеометрия поверхностей пары трения гильза – поршневое кольцо, обработанных по стандартной технологии, неоптимальная, как точки зрения возникновения патологических видов износа – натиров, задиров, риск, схватывания, так и точки зрения создания температурной напряженности в головке цилиндра и самой паре. Образование на гильзах ЧРМР, модифицированного элементами  $Cu, MoS_2$  позволяет снизить износ поверхностей в среднем в 2-3 раза, уменьшить абсолютное значение температуры в зоне камеры сгорания на 15-20 %. Повышение площади канавок ЧРМР свыше 30 % приводит к дальнейшему снижению температуры, однако мощность двигателя падает.

УДК 621. 923: 621.922

В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент, В.П. ПУЧКОВ, к.т.н., профессор, М.Е. ЕГОРОВ  
(Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ)

## Шлифование хрупких материалов с наложением колебаний на инструмент

Современное машиностроение характеризуется применением твердых и хрупких материалов, для обработки которых в большинстве случаев применяют операции шлифования. Обработка таких материалов характеризуется низкой производительностью. Это обусловлено тем, что при назначении интенсивных режимов обработки, наблюдается возникновение магистральных трещин, способных разрушить заготовку.

Одним из решений этой задачи является усложнение комплекта технологических движений инструмента, например, при использовании колебаний, инициированных в зоне контакта инструмента с заготовкой.

В результате этого между инструментом и заготовкой возникает ударное взаимодействие, которое приводит к растрескиванию обрабатываемого материала и выкалыванию частиц. Исследование работы единичного зерна, смоделированного как вдавливание конического и цилиндрического инденторов, показали, что зависимость величины напряжения  $\sigma_{\max}$  от амплитуды колебаний  $A_p$  рабочей части инструмента и силы его прижима  $F_y$  к заготовке, с учетом радиуса скругления абразивных зерен  $\rho_a$ , при котором происходит выкалывание материала, имеет вид

$$\sigma_{\max} = C n^k \rho_a^{m3} \sqrt[3]{A_p^2 \times F_y}, \quad (1)$$

где  $C$  – постоянная, зависящая от свойств абразива и материала детали;  $n$  – удельное число зерен абразива на рабочей поверхности инструмента;  $k, m$  – показатели степени, зависящие от параметров зерен.

При этом на поверхности появляется кольцевая трещина диаметром

$$d = 2,2 \times 3 \sqrt[3]{\frac{\rho_a \times F_y}{E}}, \quad (2)$$

где  $E$  – модуль упругости обрабатываемого материала.

При этом одним из ограничений, сдерживающих применение данного решения, является необходимость обеспечения максимальной величины напряжения  $\sigma_{\max}$  меньшей, чем величина напряжения, при котором возникают магистральные трещины  $\sigma_{\text{тр}}$ .

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{тр}}. \quad (3)$$

Выполнив условие (3) производительность обработки можно значительно повысить даже на не высоких скоростях резания.

### Литература

1. **Марков А.И.** Ультразвуковая обработка материалов. – М.: Машиностроение, 1980. – 237 с.



## **Применение энергосберегающего метода снижения остаточных напряжений в сварных конструкциях энергетического оборудования**

В докладе обобщены результаты исследований и опыт внедрения вибрационного метода снятия остаточных напряжений в деталях машин. Рассматриваются виды остаточных напряжений, методы их контроля, режимы и оборудование для виброобработки.

Виброобработка находит все большее применение в энергетическом машиностроении, станкостроении, в других отраслях промышленности. Суть метода заключается в создании в материале кратковременного более напряженного состояния за счет суммирования приложенных вибрационных и остаточных напряжений. При этом в течение части цикла проходит локальная пластическая деформация, прежде всего в местах концентрации напряжений. В отдельных микрообъемах напряжение превышает предел текучести, что приводит к переориентировке кристаллов, движению дислокации к границам зерен и перемещению атомов внедрения. Результатом этих явлений будет перераспределение и снижение пиковых значений остаточных напряжений.

С целью уменьшения затрат на операцию снижения остаточных напряжений произведены исследования и вибрационная обработка корпусной детали массой около 4,5 т с толщиной свариваемых элементов от 5 до 60 мм из Ст 3. Традиционная технология предусматривает термическую обработку при температуре 600°С в течение восьми часов, вибрационная была проведена навесным вибратором в течение 60 минут.

Опытные данные показывают, что виброобработка по уровню снижения остаточных напряжений соответствует высокому отпуску. В эксперименте остаточные напряжения определялись неразрушающим магнитоупругим методом. Опытная партия узлов, изготовленных с применением виброобработки, была установлена на изделия и введена в эксплуатацию. Для обработки корпусных деталей созданы электрооборудование и навесной вибратор с регулируемой частотой до 100 Гц и минимальным вибрационным усилием 12 кН.

Поскольку мощность электрических печей нагрева значительно больше мощности вибраторов и вибростендов, энергозатраты на виброобработку ниже в 10-60 раз.

За счет снижения расхода электроэнергии, уменьшения трудоемкости, сокращения производственных мощностей и ликвидации межцеховой транспортировки экономический эффект от внедрения вибрационного метода достигает значительных величин.

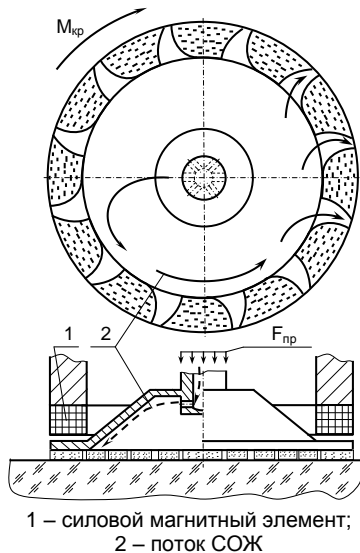
УДК 621. 923: 621.922

В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент, В.М. СОРОКИН, д.т.н., профессор, Д.А. ИГНАТЬЕВ  
(Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ)

## Виброгасящая система шлифовального инструмента

Для снижения интенсивности вибраций, сопутствующих обработке, используются шлифовальные круги, оснащенные виброгасителями. При шлифовании смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), насыщаясь пузырьками воздуха, приобретает упругость. Авторы предлагают использовать СОЖ в качестве элемента виброгасящей системы при шлифовании. В процессе обработки СОЖ изменяет свои свойства. В связи с этим настройку виброгасителя предлагается осуществлять непосредственно при шлифовании за счет использования упругого элемента, способного изменять свою жесткость.

Схема инструмента представлена на рисунке. Со стороны шпинделя станка на инструмент передается прижимное усилие  $F_{пр}$  и крутящий момент  $M_{кр}$ . Чашечный корпус инструмента закреплен на шпинделе станка и является упругим элементом. На чашечном корпусе закреплены шлифовальные сегменты. При вращении шлифовального круга СОЖ, подаваемая внутрь корпуса, выбрасывается через профильные канавки, выполненные на рабочей части, что позволяет создавать подъемную силу, отталкивающую инструмент от поверхности заготовки. Контакт инструмента с заготовкой осуществляется через слой жидкости, который используется в данном случае в качестве упругого элемента двухкаскадной виброгасящей системы. Изменение жесткости чашечного корпуса достигается при воздействии на него со стороны магнитного силового элемента, установленного на неподвижной части станка, и позволяет производить коррекцию упругой характеристики всей виброгасящей системы.



Инструмент может быть использован в адаптивных технологических системах, когда при измерении значений параметров вибрационного процесса может производиться автоматическое регулирование виброгасителя с целью обеспечения минимальной амплитуды колебаний рабочей части инструмента.

УДК 621.787.

М.Ю. ВОЛКОВА, доцент, В.А. ПОЛЕТАЕВ, д.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## Исследование влияния температуры на изменение внешнего вида поверхности изделий из латуни

Задачей исследований было и остается выяснение сущности явлений коррозии, разработка мер, препятствующих или замедляющих её протекание. Коррозию металлов нельзя полностью устранить, ее можно лишь замедлить.

Естественное образование патины на поверхности латуни препятствует ее дальнейшей коррозии. Анализ исследований показал, что в результате термообработки в значительной степени меняется зависимость пластичности от температуры. На рис. 1 представлены фотографии образцов из латуни с различными поверхностными изменениями. Как видно на рисунке, поверхность образца из латуни изменяется под влиянием температурных воздействий, что ведет к изменению восприятия эстетических качеств.

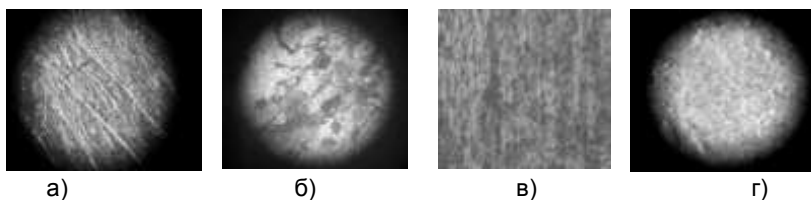


Рис. 1. Зависимость изменения внешнего вида поверхности изделия из латуни от температуры. Увеличение  $1\times 100$ : а – поверхность исследуемого образца из латуни под микроскопом в начале исследований; б – поверхность исследуемого образца из латуни после обжига при  $t = 750^{\circ}\text{C} - 10$  мин; в – шлиф поверхности исследуемого образца под микроскопом после обжига при  $t = 750^{\circ}\text{C}$ ; г – поверхность исследуемого образца из латуни после повторного обжига при  $t = 700^{\circ}\text{C} - 10$  мин и отбеливания в лимонной кислоте 30 мин при  $t = 80-90^{\circ}\text{C}$

Выбор температурного режима обусловлен проведенными исследованиями твердости поверхностного слоя. В результате экспериментов выявлено, что максимальная твердость поверхностного слоя достигается при  $t = 700^{\circ}\text{C}$ . Структура поверхности при этом визуально однородная, без видимых цветовых изменений.

Для рассмотрения шлифа было произведено травление в реактиве  $\text{NH}_4\text{OH}$  (аммиак);  $\text{H}_2\text{O}_2$  (перекись водорода) и дистиллированная вода.

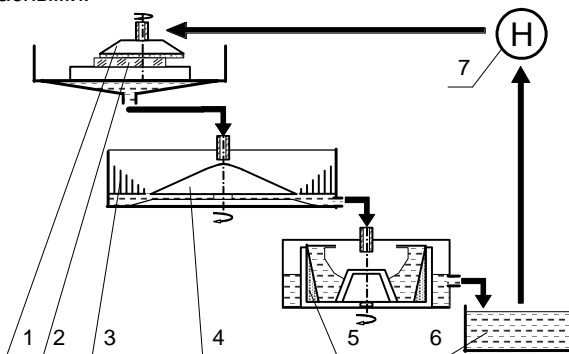
УДК 621.921

В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент, А.Ю. ШУРЫГИН, к.т.н., С.В. ГЛЕБОВ  
(Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ)

## Система очистки СОЖ для операций шлифования

На операциях шлифования применяют дорогостоящие сверхтвердых материалов (синтетические алмазы и эльбор). При работе инструмента происходит износ его рабочей поверхности. В процессе обработки продукты износа инструмента вместе с другими продуктами обработки удаляются из зоны шлифования с потоком смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Для очистки СОЖ от шлама, в который входят и абразивные зерна, используют центробежные устройства. При этом весь шлам периодически удаляется из устройств очистки и уходит в отвал.

Как показали исследования, зерна сверхтвердых материалов пригодны для повторного использования после их извлечения из шлама для изготовления шлифовальных инструментов. Известные процессы переработки шлама являются весьма трудоемкими и экологически небезопасными.



1 – шлифовальный круг; 2 – заготовка; 3 – приемник; 4 – ротор;  
5 – центрифуга; 6 – резервуар; 7 – насос

Согласно разработанной технологии [1], извлечение зерен из СОЖ происходит в проточном режиме. В состав системы очистки, показанной на рисунке, включено устройство центробежного типа, позволяющее извлекать из потока СОЖ абразивные зерна и разделять их по размерным группам. Основными элементами устройства являются ротор конической формы и приемник для сбора фракций извлекаемых зерен.

### Литература

1. Глебов В.В., Пучков В.П., Сорокин В.М., Шурыгин А.Ю. Расчет основных технологических параметров процесса отделения абразивной фракции из СОЖ центрифугированием // Справочник. Инженерный журнал. – 2006. – №1(106). – С. 9–13.

## **Увеличение долговечности инструментов для изготовления цельнометаллической пильчатой гарнитуры**

Для обеспечения высокого качества чесальной ленты в текстильной промышленности необходимы высокоточные конструкции чесальной гарнитуры. В прядении хлопковых и химических волокон для изготовления гарнитуры широко применяется жесткая цельнометаллическая пильчатая лента. Основными параметрами гарнитуры, определяющими ее проникающую способность, являются высота и угол наклона зуба, число зубьев приходящихся на единицу поверхности. В соответствии с ГОСТ 23828 длина площадки вершины зуба должна быть в пределах  $0,15 \pm 0,01$ , а ее ширина  $0,10 \pm 0,01$ . Данные параметры обеспечиваются при прохождении заготовки через прокатные ролики при формировании профильной ленты и при нарезании зубьев при помощи резцов, закрепленных во фрезерной головке, и матрицы при формировании профиля зуба. В результате интенсивной работы инструмент быстро изнашивается, что приводит к изменению геометрических параметров пильчатой ленты и снижению ее проникающей способности.

С целью повышения эксплуатационных характеристик применяемого инструмента предложена его обработка импульсным магнитным полем. Экспериментально выбраны режимы упрочнения прокатных роликов и резцов. Воздействие магнитного поля приводит к изменениям в структуре металла. Стойкость инструмента увеличивается в результате магнитострикционного упрочнения и магнитострикционного твердения. В немагнитном состоянии ферромагнитная матрица разделена на множество доменов. Под воздействием внешнего поля изменяются направления спиновых моментов, что сопровождается магнитострикционной деформацией и упругими напряжениями. Взаимодействие упругого поля, обусловленного магнитострикцией стали, с упругим полем ее реальной дислокационной структуры приводит к появлению локальных перенапряжений. Здесь наиболее интенсивно идут процессы размножения и перемещения дислокаций. С увеличением плотности дислокаций материал инструмента получает своеобразный наклеп, упрочнение. Процесс магнитострикционной деформации сопровождается измельчением карбидов. Одновременно из основной фазы, которая становится метастабильной, выделяется множество мелких карбидов. Происходит дисперсионное твердение.

В результате обработки инструмента импульсным магнитным полем значительно снизился износ инструментов, кромки роликов не

закатываются, на резах отсутствуют сколы, износостойкость инструментов увеличилась в 1,5...2 раза.

## Моделирование работы автоматического устройства относительного ориентирования

Предложена кинематическая схема устройства относительного ориентирования деталей для автоматической сборки. Данное ориентирующее устройство представляет собой круглый диск, жестко соединенный со стержнем, который может равномерно вращаться вокруг вертикальной оси и одновременно совершать вибрационные колебания вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Устройство представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, состоящую из трех звеньев и имеющую три степени свободы. Каждое звено этой цепи является ведущим и приводится в движение от отдельного привода. Расчетная кинематическая схема этого сборочного устройства приведена на рис. 1.

На основе разработанной модели динамики относительного движения детали по вибрационному диску создан программный комплекс. Проведено моделирование процесса, позволившее определить условия устойчивого движения детали к центру диска. Типовые траектории движения детали показаны на рис. 2.

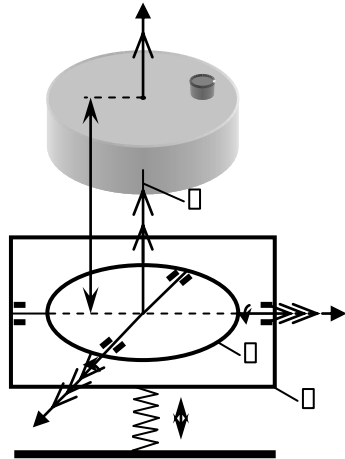


Рис. 1. Расчетная кинематическая схема ориентирующего устройства

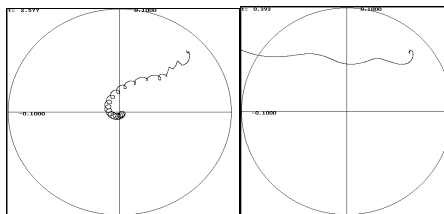


Рис. 2. Траектория движения центра масс детали по плоскости ориентирующего диска

УДК 621.921

В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент, А.Ю. ШУРЫГИН, к.т.н., А.А. ЛАПИН, С.В. ГЛЕБОВ  
(Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ)

## Способ извлечения абразивных зерен из СОЖ

На операциях шлифования часто применяют инструменты, изготовленные с применением дорогостоящих сверхтвердых материалов. При работе шлифовального инструмента происходит износ его рабочей поверхности, который сопровождается вырыванием абразивных зерен из связки. При этом продукты износа удаляются из зоны обработки с потоком смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). После очистки СОЖ вновь подается в зону обработки, а весь шлам уходит в отвал. Зерна, содержащиеся в шламе, пригодны для повторного использования при изготовлении шлифовального инструмента. Авторами разработан технологический процесс извлечения абразивных зерен в процессе шлифования на основе использования вращающегося конического ротора.

При моделировании процесса извлечения зерен из СОЖ за основной расчетный параметр была принята угловая скорость вращения ротора. Критерием извлечения зерен принято условие превосходства центробежной силы инерции зерна при достижении им границы раздела «жидкость-воздух» над силами поверхностного натяжения, удерживающими зерно на свободной поверхности потока СОЖ [1]. Выражение для угловой скорости было получено при условии, что формой зерна является шар. Однако, форма абразивных зерен, в частности алмазных и эльборовых, весьма разнообразна [2]. Наиболее часто встречаются зерна, по форме напоминающие ромбододекаэдр, октаэдроид, ромбододекаэдроид, гексаэдр (куб), октаэдр и эллипсоид. Различно и соотношение линейных размеров зерен. В связи с этим их подразделяют на изометричные, пластинчатые, промежуточные между первыми и вторыми и игольчатые [2]. Кроме того, при анализе физических основ флотации частиц минералов, выявлено, что величина сил поверхностного натяжения, удерживающих зерно на свободной поверхности потока СОЖ, во многом определяется статическим и динамическим краевым углом смачивания.

С учетом указанных факторов была получена более точная математическую модель для определения скорости вращения ротора при извлечении абразивных зерен из СОЖ.

### Литература

1. **Глебов В.В.**, Пучков В.П., Сорокин В.М., Шурьгин А.Ю. Расчет основных технологических параметров процесса отделения абразивной фракции из СОЖ центрифугированием // Справочник. Инженерный журнал. – 2006. – 106, №1. – С. 9–13.
2. **Ящерицын П.И.**, Зайцев А.Г. Повышение качества шлифованных поверхностей и режущих свойств абразивно-алмазного инструмента. – Минск: Наука и техника, 1972. – 480 с.



## Модификация трибоповерхностей углеводородами

Молекулы некоторых органических веществ, имеющие асимметричную структуру, способны своими активными группами крепко сцепляться с металлом, а их пассивные концы образуют поверхность с исключительно малой адгезионной активностью. В итоге относительное скольжение металлов сопровождается довольно низким трением.

Выбор смазочных веществ должен осуществляться на основе общих требований, предъявляемых к пластичным смазкам (низкая прочность на сдвиг, хорошая адгезия к основе и т.д.). Указанным требованиям отвечают моно- и полимолекулярные пленки молекул производных цепных углеводородов (жирные предельные кислоты, мыла, амиды жирных кислот) и ряда других поверхностно-активных веществ.

Исследовалась композиция на основе жирной кислоты и ее солей. Жирная кислота и ее соли имеют молекулы с длинными линейными углеводородными цепочками. Испытание на трение производилось на машине трения 2070 СМТ-1. Опытные образцы изготовлены из стали 45.

Действие смазки основано на принципе адгезии, когда дисперсные частицы смазки прочно схватываются с поверхностью металла. Внедрение смазочного материала в глубь поверхности по дефектам и ускоренная диффузия, осуществляют «залечивание» дефектов, трещин и поверхностных микропор. Фактически происходит модифицирование поверхностного слоя металла. В начальный период работы узла трения на сопряженных поверхностях в результате трибомеханических превращений активируется процесс структурной приспособляемости и модификации обеих поверхностей. Шероховатость поверхности способствует благоприятному распределению микрочастиц смазки между неровностями профиля. Другая часть микрочастиц внедряется по макро- и микродефектам в поверхность, «залечивая» ее. Дискретность контакта обеспечивает ускоренное взаимодействие твердофазных микроэлементов с дефектами сопряженных поверхностей, поскольку закрепившиеся на дефектах структуры микрочастицы вызывают демпфирующий эффект, устраняющий развитие микроразрушений в местах контакта. Одновременно с модификацией поверхности и упрочнением ее, образуется на ней тончайшая пленка. Все эти изменения происходят сразу на обеих контактирующих поверхностях, что обеспечивает их равнопрочность и ведет к установлению термодинамического равновесия.

Таким образом, реализация рассмотренного явления, подтверждает идею самоорганизации образования «безызносных» пар трения.

УДК 621. 923: 621.922

В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент, А.Ю. ШУРЫГИН, к.т.н., И.И. ПРАЗДНИЧКОВ  
(Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ)

## Оценка степени износа абразивных зерен

При шлифовании, в результате сложного процесса изнашивания рабочей поверхности инструмента, происходит вырывание абразивных зерен из связки. Завершившие таким образом цикл своего участия в удалении припуска, абразивные зерна оказываются изношенными лишь по ограниченному числу граней (в зависимости от метода шлифования). Это указывает на необходимость исследования вопроса, связанного с многократным использованием абразивного материала, в особенности дорогостоящего сверхтвердого (синтетических алмазов, эльбора), при изготовлении инструмента.

Определим вероятность события, при котором зерно займет в связке нового инструмента такое же положение, как и при первом использовании. Предположим, что формой зерна является шар радиусом  $R$  (рис. 1). При этом в процессе взаимодействия с поверхностью обрабатываемой заготовки будет изнашиваться шаровой сегмент высотой  $h$ . Площадь поверхности шара равна

$$S_{\text{ш}} = 4\pi R^2, \quad (1)$$

а площадь шарового сегмента, подвергшегося затуплению,

$$S_{\text{ш.с.}} = 2\pi Rh. \quad (2)$$

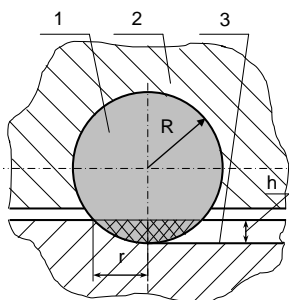
Вероятность  $P_3$  того, что центр сегмента затупления окажется при его повторном использовании в нижней точке, определится отношением площади изношенной поверхности к площади поверхности зерна:

$$P_3 = \frac{S_{\text{ш.с.}}}{S_{\text{ш}}} = \frac{2\pi Rh}{4\pi R^2} = \frac{h}{2R}. \quad (3)$$

С учетом того, что  $h = 24R$ , получаем величину вероятности

$$P_3 = \frac{0,24R}{2R} = 0,12. \quad (4)$$

Таким образом, при условии, что формой зерна является шар, вероятность того, что изношенная часть абразивного зерна в новом инструменте окажется задействованной в процессе резания, не превышает 12 %. В связи с этим шлифовальный инструмент, изготовленный из повторно использованных абразивных зерен, сохраняет достаточно высокую режущую способность.



1 – абразивное зерно;  
2 – связка; 3 – обрабатываемая поверхность

## Определение температуры в зоне трения «кольцо-бегунок» кольцевой прядильной машины

Развитию повышенной температуры в зоне трения «кольцо – бегунок» могут способствовать высокие скорости скольжения бегунка относительно кольца, при которых температура в зоне трения может быть достаточной для интенсивного протекания процессов окисления в смазочной среде или способствовать интенсивной десорбции молекул поверхностно-активной присадки с поверхностей трения. Для металлополимерных пар трения, работающих в среде смазки, где теплоотвод происходит через стальное тело, была получена формула для ориентировочного расчета температуры в зоне трения. Поэтому, данной формулой можно воспользоваться для расчёта температуры трущихся поверхностей кольца и бегунка. Изменение температуры в зоне трения по сравнению с начальной выразится уравнением:

$$\Delta\Theta_{\text{зк}} = \frac{P_f}{\sqrt{\lambda_{\text{к}} \cdot \lambda_{\text{ж}}}} \cdot \frac{v}{\sqrt{Bi}}$$

где  $P_f$  – удельная сила трения, Н/м;  $P_f = M_{\text{тр.}}/S$ ; здесь  $M_{\text{тр.}}$  – момент трения, возникающий в паре «кольцо – бегунок», Нм;  $S$  – площадь контакта поверхностей бегунка и кольца, см<sup>2</sup>;  $\lambda_{\text{ж}}$  – теплопроводность жидкости или газа, Вт/(м °С). Для масла она равна 0.1; для воздуха  $\lambda_{\text{ж}} = \lambda_0 = 0.026 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$ ,  $v$  – скорость скольжения бегунка по кольцу.

Площадь контакта составляет 0.15(см<sup>2</sup>). Определяющим значением момента трения может быть его значение, которое характеризует процесс трения в средней стадии, равное 0.045 Нм.  $P_f = 0.045 \cdot 10^2 / 2 \cdot 0.15 = 15 \text{ (Н/см)}$ . Скорость скольжения составит: 2135.2 (см/с). Критерий  $Bi = 256$ . Тогда, для среднего значения момента трения  $\Delta\Theta_{\text{зк}} = 9.1^\circ\text{С}$

Проведённые на производстве измерения в зоне трения показали, что разность температур в зоне трения составила 6°С, что на 3.1°С ниже по сравнению с расчётной.

Таким образом, низкие значения температур в зоне трения «кольцо – бегунок» способствуют более длительному существованию адсорбционных плёнок на поверхностях трения и более медленным скоростям окислительных и трибохимических процессов.

УДК 621.787

А.А. ЗАЙЦЕВ, к.т.н., ассистент, В.А. ПОЛЕТАЕВ, д.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## Разработка программного продукта для анализа индуктора и его физических характеристик

Для упрощения расчетов геометрии индуктора и его физических характеристик (максимальной силы тока, напряженности поля внутри соленоида) был разработан программный продукт «Расчет медной катушки». Разрабатываемый магнитный индуктор представляет собой соленоид с цилиндрической рабочей полостью и прямоугольным сечением вдоль оси Z. За основу расчета программы взят метод конечных элементов.

На рис. 1 изображена оболочка программы «Расчет медной катушки».

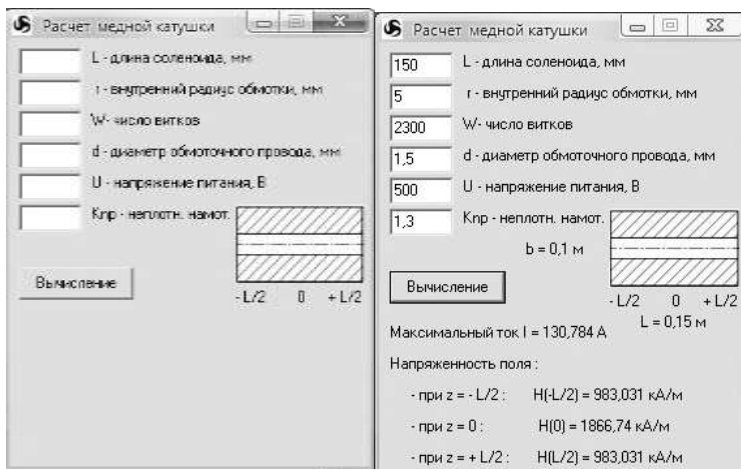


Рис. 1. Оболочка программы «Расчет медной катушки»:  
- до расчетов характеристик (слева);  
- после расчетов характеристик (справа)

Данная программа «Расчет медной катушки» предназначена для расчета следующих характеристик магнитного индуктора: напряженности поля в точках:  $-L/2$ ,  $0$ ,  $L/2$  по длине соленоида; максимального тока  $I_{\max}$ , необходимого для создания поля в катушке; геометрии соленоида: диаметр  $\times$  длина ( $b \times L$ ).

Точность расчетов данных характеристик была подтверждена практическими исследованиями.

УДК 621.791

В.В. ГЛЕБОВ, к.т.н., доцент, А.Ю. ШУРЫГИН, к.т.н., Д.С. ЛЕВИН  
(Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ)

## Герметичное соединение металла со стеклом

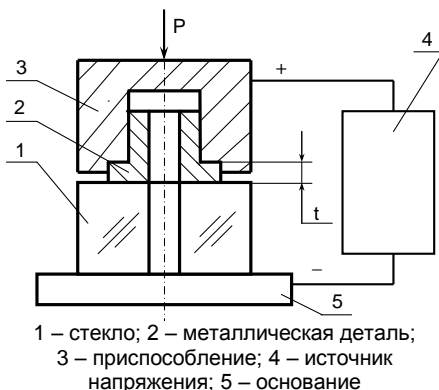
Высокая размерная стабильность, и малый коэффициент теплового линейного расширения неорганических стекол определил их использование при производстве точных измерительных средств. При этом, создание герметичных соединений стекла с металлическими деталями является сложной технологической задачей, которая решается применением пайки припоями на основе свинца, индия и других материалов. Указанные методы не всегда в полной мере обеспечивают получение соединений, отвечающих эксплуатационным требованиям.

Опыт показал, что диффузионная сварка (ДС) стекла с металлами позволяет получить долговечные соединения, применяемые при высоких статических, динамических и термических нагрузках. Различия физико-механических свойств металлических и неметаллических материалов являются главными технологическими затруднениями при проведении процесса ДС.

Авторами разработан процесс герметичного соединения стекла с металлической деталью методом ДС, обеспечивающего: герметичность, прочность; стойкость к разрушению в широком температурном диапазоне, минимальные остаточные монтажные напряжения.

На рисунке представлена схема установки для ДС. Процесс сварки происходит в вакуумной среде. Тем самым исключается попадание атмосферных газов и образование окисной пленки на сопрягаемых поверхностях. Отсутствие уплотняющих элементов в соединении позволяет исключить наличие примесных химически активных элементов в рабочем объеме.

Разработанный процесс обеспечивает высокую герметичность соединения и его ремонтпригодность. Соединяемые элементы могут быть разъединены методом химического травления. При использовании данного способа было достигнуто увеличение ресурса герметичного соединения стекла с металлической деталью, при одновременном расширении диапазона допустимых эксплуатационных механических, вибрационных и температурных нагрузок.



## **Применение микропроцессорных импульсно-фазовых электроприводов в составе машин испытательной техники**

Современный этап научно-технического прогресса характеризуется увеличением количества технических изделий и одновременным их усложнением. В области автоматизированного машиностроения отмечается как ориентация на улучшение структуры и качества конструкционных материалов, так и на создание новой прогрессивной техники и развитие ресурсосберегающих технологий. Очевидна неразрывная взаимосвязь указанных направлений, следствием которой является необходимость проведения испытаний конструкционных материалов в широких диапазонах температур, нагрузок и скоростей деформации.

Значительное количество существующих материалов с различными физико-механическими свойствами обуславливает тенденцию к разработке и производству машин испытательной техники, обладающих высокими точными и регулируемыми характеристиками, достижение которых возможно применением бесколлекторных двигателей и микропроцессорных импульсно-фазовых систем управления. Такие электроприводы основаны на принципе сравнения задаваемого и регулируемого углов поворота ротора приводного двигателя, используют аппаратные средства формирования частотных сигналов задания, обратной связи и регистрации их фазового рассогласования, а для получения информации о параметрах движения требуют применения только датчика положения ротора. Цифровая система управления электропривода практически полностью реализуется программными средствами.

Указанный способ построения системы позволяет понизить уровень требований к производительности используемого в контуре фазовой синхронизации вычислительного устройства и при этом обеспечить высокую точность стабилизации угловой скорости приводного двигателя, а минимальное количество функциональных компонентов электропривода обуславливает возможность создания надежных и недорогих приводных устройств для машин испытательной техники.

Энергетически оптимальное управление бесколлекторным двигателем в системе формируется с применением программного идентификатора тока. Смещение ротора за период дискретизации относительно измеренного положения компенсируется введением программной коррекции. Указанные способы повышения технических характеристик электропривода в совокупности с организацией управления по импульсам частотного сигнала обратной связи позволяют эффективно использовать в системе высокоскоростные бесколлекторные двигатели и обеспечить высокие энергетические показатели их работы.

## **Исследование влияния режимов импульсной магнитной обработки на коррозионную устойчивость медицинских метчиков**

Медицинские метчики должны быть коррозионно-стойкими в условиях эксплуатации и хранения, должны быть устойчивы к циклу обработки, состоящему из дезинфекции, предстерилизационной очистки и стерилизации.

Для медицинских метчиков, упрочненных и неупрочненных импульсной магнитной обработкой, были проведены сравнительные исследования на коррозионную устойчивость. Испытания на коррозионную устойчивость производились по следующей методике.

На обезжиренную поверхность испытываемых образцов площадью порядка 5x5 мм наносились капли раствора следующего химического состава: 1616 г дистиллированной воды; 57 г серной кислоты  $H_2SO_4$ , с удельной плотностью 1,84 г/мм; 142 г сульфата меди ( $CuSO_4$ ).

Испытания производились в 3-х произвольно выбранных точках. Оценивалось время (Т, мин) появления красного осадка (отложения меди), в местах воздействия раствора. Осмотр поверхности производился через пятиминутные интервалы воздействия раствора. Партия метчиков была подвергнута импульсной магнитной обработке. Параметр напряженности магнитного поля фиксировался на оптимальном уровне 1160 кА/м. Время обработки принимало следующие значения: 2, 4, 6, 8 сек. Время обработки ( $t_{мио}$ , сек) равно: длительность одного импульса плюс пауза между импульсами, умноженное на количество импульсов.

В результате были получены следующие выводы. Импульсная магнитная обработка благоприятно влияет на параметры коррозионной устойчивости. Для медицинских метчиков, упрочненных импульсной магнитной обработкой, максимальная коррозионная устойчивость достигается при длительности импульса 6-8 секунд и напряженности поля 1160 кА/м, что на 40 процентов выше, чем у инструмента, неупрочненным импульсным магнитным полем. Дальнейшее увеличение длительности импульса приводит к дальнейшему увеличению значений данных эксплуатационных показателей, но является нежелательным, так как приводит к уменьшению параметра износостойкости инструмента.

УДК 621.787.

М.Ю. ВОЛКОВА, доцент  
(ИГЭУ)

## Исследование влияния температурных факторов на твердость поверхности и продление срока службы изделий малой пластики

Для проведения исследования были взяты образцы из серебра, отличающиеся друг от друга сроком службы и с различной степенью износа поверхности. Они исследовались на твердость поверхностного слоя в начале исследований и после обжига при различных температурах. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

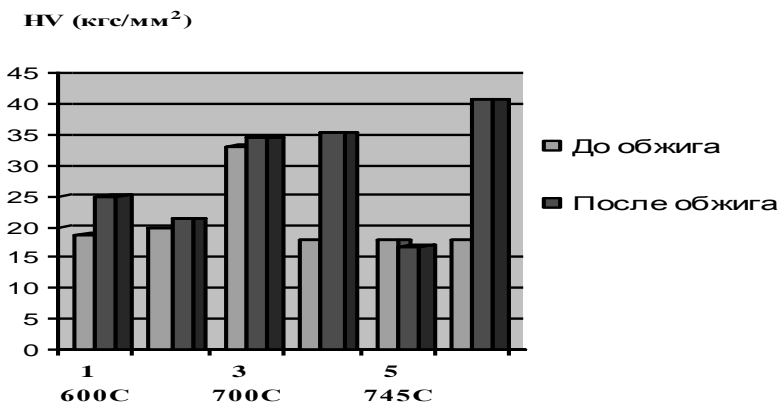


Рис. 1. Влияние изменения режимов термообработки на изменение твердости сплава

Исследования показали, что наилучшие результаты достигаются после обжига при  $t = 500^{\circ}\text{C}$  и при  $t = 600^{\circ}\text{C}$ . Прочность поверхности образца повышается с 18,8081 до 25,0649 кг/мм<sup>2</sup> (образец №1 –  $t = 600^{\circ}\text{C}$ ); с 17,8851 до 35,3616 кг/мм<sup>2</sup> (образец №4 –  $t = 500^{\circ}\text{C}$ ) и с 17,8851 до 40,8737 кг/мм<sup>2</sup> (образец №6 –  $t = 500^{\circ}\text{C}$ ). Значительная зависимость растворимости компонентов от температуры обеспечивает возможность дисперсионного упрочнения сплавов.

В ходе проведения исследовательских работ выявлено, что для удаления последствий обжига и отбеливания изделий из серебра в бытовых условиях хорошие результаты достигаются при использовании раствора концентрированной лимонной кислоты при  $t = 80-90^{\circ}\text{C}$  с последующим мытьем в проточной воде и высушиванием мягкой тканью.



УДК 621.906-229

А.П. БУЛАНКИН, студент, Л.И. ПТУХА, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Повышение качества оценки точности деталей**

Любая деталь для выполнения ею своего служебного назначения наделяется рядом поверхностей, которые имеют определенные размеры, различные формы и требуемое относительное расположений. Таким образом, точность детали характеризуется тремя показателями: точностью размеров, точностью формы и точностью расположения ее поверхностей. Между перечисленными показателями точности существует качественная и количественная связи. В настоящее время лишь иногда учитывается качественная связь и совершенно не обращается внимание на хозяйственную. Подобный подход оправдан лишь тогда, когда точность формы значительно выше точности расположения, которая в свою очередь, выше точности размеров поверхности детали.

Постоянное повышение требований к точности деталей ведет к «выравниванию» значений отдельных ее показателей точности. Попытка учесть меняющееся соотношение трех показателей точности привело сначала к необходимости введения, наряду с квалитетами точности, степеней точности формы и расположения поверхностей деталей, а в последнее время к пересмотру оценки точности формы на микроуровне (шероховатости). Дальнейшее «выравнивание» значений трех показателей точности остановить невозможно. Видимо пришло время, когда для перехода на качественно новый уровень изготовления машин необходимо переходить на качественно новый уровень оценки точности деталей. Подобное возможно при учете количественной связи трех показателей точности деталей. Идея эта впервые была высказана в 1963 г. Колесовым И.М. Однако учет количественной связи требует отказа от принятой идеализации поверхностей реальных деталей. Время цифровых технологий не только требует, но и позволяет технически реализовать идею И.М. Колесова. В настоящее время на кафедре ТАМ разрабатывается программа на языке Pascal, позволяющая установить точки контакта сопрягающихся поверхностей реальных деталей. Исходными данными являются топографии сопрягающихся поверхностей деталей. В данный момент программа позволяет проследить процесс отыскания точек контакта между сопрягаемыми поверхностями. Знание точек контакта позволит точнее, чем принято, определить характеристики точности соединяемых деталей, т.е. приблизиться к познанию реальных рабочих параметров деталей машин.

Учет количественной связи показателей точности деталей позволит усовершенствовать методики расчета на стадии конструирования деталей машин и машины в целом.

УДК 62.83:681.513.3

А.А. КИСЕЛЕВ, к.т.н., доцент, Н.В. ФАЛЕЕВА, преподаватель  
(ИГЭУ, ИЭПК)

## **Электроприводы мобильных робототехнических комплексов**

Управление системами ориентации мобильных робототехнических комплексов (МРТК) происходит в при существенных возмущающих воздействиях по скорости, углу и моменту. Возмущения по углу и скорости определяются колебаниями корпуса МРТК за счет неровности трассы. В рабочей зоне эти возмущения компенсируются пересчетом задания на углы, исходя из кинематики МРТК по информации с датчика абсолютного положения (гироскопа). Для управления высокоинерционными элементами кинематики МРТК наиболее часто используется моментное управление, которое реализуется средствами гидропривода. Существенное расширение возможностей приводов МРТК может быть обеспечено использованием мехатронных устройств на базе вентильных электродвигателей (ВД), применение которых обуславливается высокой перегрузочной способностью и надежностью. При этом существенно повышается надежность системы, увеличивается ее быстродействие и снижаются ошибки угловой ориентации. Однако условия эксплуатации электропривода при значительных возмущающих угловых воздействиях предъявляют особые требования к тормозным режимам ВД, увеличивающимися из-за высокой инерционности конструктивных элементов МРТК. Эффективность решения этой проблемы связана с рациональным способом рассеивания кинематической энергии механизма.

Анализ условий работы приводного узла МРТК выявил два основных режима: генераторный, обусловленный большими скоростями галоупирования, и режим торможения (позиционирования), возникающий при выходе управляемого объекта за границы рабочей зоны. В генераторном режиме задача управления заключается в компенсации противоЭДС двигателя, превышающей напряжение звена постоянного тока. В разработанном приводе эта задача решается путем снижения потокоцепления двигателя за счет изменения положения вектора напряжения на двигателе. Этим минимизируется динамический момент двигателя, приложенный к объекту. В режиме позиционирования необходимо решить проблему рекуперации энергии в звено постоянного тока ограниченной мощности. Эксперименты показывают, что традиционные подходы к решению этой задачи связаны с возникновением существенных перенапряжений в звене постоянного тока. Поэтому предлагается осуществление торможения с рассеиванием большей части энергии в ВД с управляемым сбросом энергии в звено постоянного тока. Такой режим вполне реализуется посредством векторной широтно-импульсной модуляции выходного сигнала инвертора. Испытания показали эффективность принятых решений.

## Электронный колледж

Для обеспечения высокого качества образовательного процесса в колледже требуется наличие единого информационного пространства. Проблема информационного «голода» в образовательном процессе существовала всегда. Это выражается в недостаточности и разрозненности необходимой информации для административно-управленческого персонала учебного заведения, для преподавателей и студентов.

Решение данной проблемы автору видится в создании в колледже грамотно организованной системы Web-узлов, функционирующих в единой компьютерной сети. Для реализации данного проекта требуется решить ряд задач, которые возникают при разработке, внедрении и эксплуатации автоматизированных систем. Это задачи технического, программного, методического, математического, информационного, лингвистического и организационного обеспечения.

Некоторыми разделами информационной системы «Электронный колледж» являются следующие: раздел нормативной документации, в котором должны быть представлены документы, регламентирующие работу колледжа; раздел учебной работы, включающий в себя государственные образовательные стандарты, учебные планы, рабочие программы учебных дисциплин, электронные журналы академической успеваемости студентов и т.д.; раздел воспитательной работы; раздел новостей и объявлений; электронная библиотека и другие разделы. Причем эта информационная система должна иметь четкую функциональную направленность, должна быть полезна и активно использоваться как сотрудниками колледжа, так и студентами.

В настоящее время в машиностроительном колледже ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» функционирует пробная версия информационной системы «Электронный колледж», разработанной и внедренной силами сотрудников колледжа. Технически компьютерная сеть реализована пока в двух компьютерных классах на двадцати компьютерах. В дальнейшем планируется объединить в сеть компьютеры отдела кадров, учебной части, юриста, педагога–психолога и т.д., а также в общежитии и библиотеке. Разрабатывается программное обеспечение внедряемой рейтинговой системы оценки учебной работы студентов, включающее в себя электронные журналы. Ведутся другие работы в рамках представленного проекта.

## **Сквозное курсовое проектирование – резерв повышения качества подготовки инженеров**

Подготовка инженеров предусматривает изучение ряда общеинженерных и специальных дисциплин. Каждая дисциплина связана с изучением определенного этапа создания изделия. Закрепление полученных студентами теоретических знаний и приобретением ими навыков самостоятельной работы обычно обеспечивается выполнением соответствующих курсовых работ и проектов.

Однако обособленное изучение этапов процесса создания изделия приводит к тому, что остаются неизученными важные вопросы взаимосвязи отдельных этапов и теряется чувство целостности процесса создания изделия. Устранению отмеченных недостатков в подготовке специалистов способствует сквозное курсовое проектирование, при котором поэтапно решается одна комплексная задача.

Сквозное курсовое проектирование позволяет выявить и устранить «нестыковки» отдельных дисциплин, корректировать их рабочие программы и целенаправленно совершенствовать учебный план подготовки специалиста.

При сквозном проектировании студенту выдается задание с первоначальными исходными данными, необходимыми для решения комплексной задачи. По мере решения задачи, первоначальные исходные данные дополняются и уточняются сведениями, полученными в результате выполнения очередного этапа курсового проекта. Такой подход позволяет более качественно и осознанно выполнять каждый этап проектирования.

Подготовка инженера специальности 151001.65 может объединять в сквозное проектирование курсовые работы и проекты по дисциплинам: «Детали машин»; «Нормирование точности»; «Технология машиностроения»; «Технологическая оснастка»; «САПР ТП»; «Проектирование машиностроительного производства; «Организация производства и менеджмент».

Выполнение каждого этапа сквозного курсового проекта начинается с критического анализа результатов предыдущего этапа и уточнение исходных данных, необходимых для выполнения последующего этапа.

Такой подход к выполнению сквозного курсового проекта позволяет студенту не просто освоить выполнение отдельных этапов процесса создания изделия, но и понять их взаимосвязи.

## **Исследование влияния импульсной магнитной обработки на стойкость режущего инструмента**

Исследуемые образцы инструмента – сверла – изготовлены из быстрорежущей стали Р6М5. Имеющаяся структура материала характеризуется средней твердостью и износостойкостью. Заточка всех углов производится на универсально-заточном станке ЗВ642, при этом выдерживаются следующие параметры углов: угол при вершине  $2\phi = 120^\circ$ , задний угол  $\alpha = 7^\circ$ .

Установка, применяемая для упрочнения сверл импульсным магнитным полем разработана в ИГЭУ. Упрочняемый инструмент в специальной оправке устанавливался в зазор концентратора магнитного поля. Оправка обеспечивала определенное положение части сверла по отношению к линиям напряженности поля во время импульсной магнитной обработки.

Сверла обрабатывались импульсным магнитным полем напряженностью 800 кА/м, с количеством импульсов – 19, длительностью импульса – 0,1 с, промежутком времени между импульсами – 1 с.

Режимы резания: частота вращения сверла 510 об/мин; подача – 0,1 мм; скорость резания – 9,6 м/мин. Сверлились отверстия глубиной 10 мм без выхода сверла из обрабатываемого материала.

Анализ полученных данных показал, что перемычка (вспомогательная режущая кромка) сверла, не обработанного импульсным магнитным полем, имеет сколы, а перемычка сверла, упрочненного импульсной магнитной обработкой, сколов не имеет.

Количество отверстий, просверленных не упрочненным сверлом почти в два раза меньше количества отверстий просверленных упрочненным сверлом.

Также установлено снижение величины крутящего момента при резании. На интервале «стабильной работы инструмента этот показатель у упрочненного инструмента в 1,2 раза ниже, чем у сверла не упрочненного импульсным магнитным полем.

Были получены данные зависимости стойкости инструмента от положения режущей кромки относительно направления линий напряженности магнитного поля при упрочняющей обработке. О характере износа режущего инструмента можно судить по цифровым фотоснимкам. Снимки делались на установке, предназначенной для исследования поверхностной микроструктуры режущего инструмента, они отображают изменения, происходящие при износе на задней поверхности режущего клина и вспомогательной режущей кромке сверла.

УДК 621.787.

М.Ю. ВОЛКОВА, доцент, Н.Л. ПАВЛЮКОВА, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Исследование влияния качества окончательной обработки на защиту поверхности и продление срока службы изделий

В процессе исследований рассматриваются технологические операции отделочной обработки свободными абразивами изделий из драгоценных и цветных металлов. При этом учитывается процесс поверхностного разрушения изделий малой пластики, выполненных из цветных и драгоценных металлов или их сплавов под воздействием негативных факторов внешней среды.

Процессы финишной абразивной обработки, относящиеся к низкотемпературным и малоотходным, позволяют при минимальном съеме материала заготовки управлять микрометрическими и физическими показателями поверхностных слоев деталей. Кроме того, за счет уплотнения и выглаживания верхних слоев металла можно добиться увеличения их коррозионной стойкости.

Замеры шероховатости поверхности (рис. 1) выявили, что, несмотря на появление на поверхности большого количества рисок при ЦРО, шероховатость ее меньше, чем после МАП. Наименьшая шероховатость поверхности достигается после галтовки. Результаты исследований аналогичны для всех типов материалов.

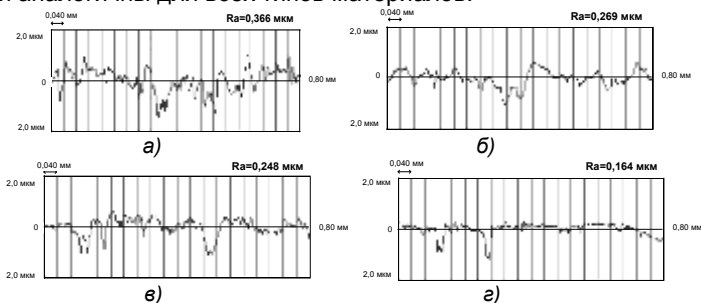


Рис. 1. Профилограммы поверхности МНЦ 15-20 после различных способов обработки свободными абразивами: а – до обработки; б – после МАП; в – после ЦРО; г – после галтовки

Выявлено, что полирование без съема металла в конце обработки уменьшает шероховатость и увеличивает микротвердость поверхности детали. Для получения перехода от активного резания к полированию – смятию без съема металла – целесообразно выполнять, в первую очередь, центробежно-ротационную обработку, а затем магнитно-абразивное полирование и галтовку.

## Исследование влияния ферромагнитного порошка при импульсной магнитной обработке на структуру поверхностного слоя детали

Исследования проводились с образцами стали 65 с исходной структурой зернистого перлита и закалкой в масле до мартенситной структуры. На рис. 1 показана структура мартенсита (ув.  $\times 20000$ ) после обработки импульсным магнитным полем напряженностью 500 кА/м, 5 импульсами длиной 1с., интервалами между импульсами 1с. с использованием ферромагнитного порошка.

На фото хорошо видна граница между двумя слоями мартенсита: слева структура обладает пониженной зависимостью и повышенной твердостью по сравнению с мартенситом обычной закалки (правая структура). Пониженную травимость некоторые авторы объясняют возникновением в поверхностном слое специфического бесструктурного мартенсита или массивного мартенсита. Повышенная твердость по сравнению с твердостью обычного мартенсита объясняется большой дисперсностью структуры, значительными искажениями кристаллической решетки. Появление мелкодисперсной структуры металла после



Рис. 1. Структура мартенсита, обработанная импульсным магнитным полем с использованием ферромагнитного порошка

импульсной магнитной обработки с использованием порошка можно объяснить следующим: при расположении образца металла с шероховатой поверхностью в магнитном поле на вершинах выступов шероховатой поверхности происходит резкое местное увеличение напряженности (в десять и более раз). Это приводит к резкому усилению воздействия магнитного поля на поверхностный слой: возрастает плотность дислокаций и дисперсность металла. Это происходит в силу энергетического принципа минимума общей энергии, который достигается при движении дефектов к поверхности. Этот процесс усиливается, если в качестве внешней среды использовать ферромагнитный порошок. Магнитное поле вблизи отдельных частиц порошка резко возрастает (более чем на порядок). В общем объеме порошка этот эффект взаимно компенсируется, но на поверхности раздела порошок – шероховатая поверхность металла, происходит поляризация и возникает дополнительный эффект усиления напряженности магнитного поля, что приводит к существенному повышению твердости металла за счет увеличения дисперсности.

## **Требования к электроприводам универсальных прецизионных испытательных установок**

Современные прецизионные испытательные установки представляют собой сложные автоматизированные электротехнические комплексы, предназначенные для определения физико-механических свойств различных материалов и изделий по существующим стандартным методикам. Основное количество таких установок представлено разрывными машинами и специализированными твердомерами.

Существующая в настоящее время тенденция к разработке и производству универсальных прецизионных испытательных установок предполагает возможность реализации на одной машине нескольких видов испытаний материалов с различными физико-механическими свойствами. Поэтому требования к электроприводам таких установок определяются на основе анализа свойств материалов, обладающих наиболее широким диапазоном физико-механических характеристик. Среди всего множества конструкционных материалов, используемых в машиностроении, наиболее широким диапазоном характеристик обладают полимеры, устойчивость свойств которых во многом зависит от температуры, величины нагрузки, времени ее воздействия и скорости деформации испытуемого образца.

Кроме общих технических требований, установленных действующими стандартами, электроприводы универсальных прецизионных испытательных установок должны обеспечивать:

- диапазон регулирования скорости ( $10^4:1 - 10^6:1$ ), необходимый для реализации возможности испытаний на одной универсальной машине как жестких, так и эластичных материалов, для которых относительное удлинение при разрыве составляет соответственно (0,1 – 0,2)% и (1000 – 2000)%;
- погрешность стабилизации средней скорости приводного двигателя не более  $\pm(0,03 - 0,3)\%$  при установленной действующими стандартами точности измерения физико-механических параметров материала  $\pm(0,3 - 3,0)\%$ ;
- погрешность задания скорости приводного двигателя не более  $\pm(0,01 - 0,05)\%$ , а также малую чувствительность к воздействию внешних дестабилизирующих факторов и условий эксплуатации для реализации возможности воспроизведения испытаний;
- режимы реверса, стабилизации малых скоростей и силового удержания для проведения испытаний материалов на растяжение, сжатие, изгиб, ползучесть, длительную прочность и релаксацию;
- возможность работы в составе интегрированных внешних систем управления с использованием стандартных интерфейсов связи.



## Токарная обработка виткового разъема венчиков горловых колец

При изготовлении чугунных пресс-форм типа горловое кольцо (ГК), используемых для оснастки стеклоформирующих машин, необходимо на внутренней поверхности разъема кольца сформировать один или несколько резьбовых витков. При этом вход в виток на глубину резьбы и выход из него должны быть максимально перпендикулярны основной части витка. Кроме того, на угловой длине каждого витка может быть несколько изломов в зависимости от типа венчика.

В настоящее время технология изготовления ГК заключается в токарной обработке наружной и внутренней поверхностей, а нарезание витковой части ведется при помощи фрезерных операций. Формирование витков фрезой имеет ряд существенных недостатков:

- степень ортогональности входа в виток и выхода из него ограничена радиусом инструмента;
- задняя кромка инструмента в точке излома витка затирает его траекторию, поэтому точность и резкость изгиба ограничена;
- близкое расположение изломов витка делает нарезание принципиально невозможным при большом радиусе инструмента;
- переустанов детали с токарного на фрезерный станок существенно увеличивает технологический цикл изготовления ГК.

Разработанная система ЧПУ «Интеграл», оснащенная цифровыми быстродействующими приводами подачи с асинхронными электродвигателями, позволяет выполнить весь комплекс операций по обработке венчика на токарном станке. Предлагаемый способ предусматривает рабочие подачи до 2 м/мин на врезании в виток и выходе из него. Обработка ведется на низких оборотах шпинделя – от 10 до 50 об/мин для разных типов ГК. Достижение заданных параметров резьбы при допустимых усилиях суппорта обеспечивается высокоскоростной обработкой разгона-торможения координат на миллиметровых перемещениях.

Разработаны G-код, реализующий серию резьбовых проходов с переменной подачей, и жесткий многопроходный цикл комплексной обработки виткового разъема. Обработка резьбы одного венчика занимает от 10 до 20 минут, что дает многократный выигрыш во времени полного технологического цикла обработки ГК.

Применение данной технологии позволяет предприятиям полностью отказаться от закупок ГК у сторонних организаций и изготавливать оснастку силами собственного вспомогательного производства. В результате, достигается экономический эффект около 400 тыс. руб. в год на одном станке. Предлагаемая технология успешно испытана и внедрена в ремонтно-механических цехах на стекольных заводах г. Можга (Удмуртия) и г. Каменск-Шахтинский (Ростовская область).

## **Модернизированный электропривод регулирования подачи топлива**

В связи с непрерывным ростом стоимости энергоресурсов, увеличением стоимости транспортировки природного газа, невозобновляемостью его природных запасов важнейшей задачей при проектировании новых, реконструкции и эксплуатации действующих газопроводов является снижение и экономия энергозатрат. Это достигается внедрением новых и повышением эффективности эксплуатации действующих газоперекачивающих агрегатов (ГПА). Особенность управления ГПА состоит в использовании только одного устройства (дозатора) для регулирования всех параметров работы агрегата. Большинство систем управления дозаторами подачи топлива ГПА выполняются на базе шаговых двигателей, которым свойственен ряд существенных недостатков. Поэтому предлагается использование для управления дозаторами ГПА систем с бесколлекторными двигателями (БКД), построенных на базе фазовой синхронизации с микроконтроллером в контуре регулирования - импульсно-фазовых электроприводов (ИФЭП).

Высокая скорость позиционирования дозатора достигается при бессенсорном управлении, обеспечивающим инвариантность характеристик БКД относительно внешних возмущений. Установлено, что при использовании эталонной модели объекта достигается высокая степень робастности управления даже при значительном дрейфе параметров двигателя, обусловленных широким диапазоном изменения условий работы привода дозатора в суровых климатических зонах.

В качестве базового аппаратного средства контроллера электропривода используется реконфигурируемая система на кристалле, объединяющая в себе жесткое ядро микроконтроллера с набором базовых периферийных устройств, и программируемую логическую матрицу, позволяющую в максимальной степени адаптировать систему к условиям работы дозатора ГПА и получить оптимальное соотношение цена/(технические и эксплуатационные возможности) электропривода.

Использование цифрового ИФЭП обеспечивает снижение потерь в режиме силового удержания на 50 % по отношению к устройствам, базирующимся на дискретном электроприводе БУШДМ-1. Погрешность позиционирования не превышает 0.01 % от полного перемещения дозатора, что обеспечивает высокую равномерность регулирования расход газообразного топлива и повышение эффективности использования ГПА. При этом динамические свойства ИФЭП, определяющие время перекадки дозирующего элемента в аварийном режиме, равное 0.3 сек, сохраняются даже при использовании источника аварийного питания.

## **Импульсно-фазовые электроприводы переменного тока в испытательной технике**

Существующие многочисленные исследования усталости металлов ещё не в полной мере раскрыли природу и кинетику развития усталостного разрушения, позволяющих дать оценку долговечности различных материалов. Объясняется это сложностью теоретической оценки учёта многофакторных процессов накопления повреждений и отсутствием испытательного оборудования, способного обеспечить надёжную и достоверную оценку результатов экспериментальных исследований по определению влияния различных факторов на усталостную прочность.

Эффективным средством создания оборудования, предназначенного для решения поставленной задачи, является разработка интегрированных в механизм электроприводных устройств, обеспечивающих высокие точностные показатели в достаточно широком частотном диапазоне. Такими свойствами обладают импульсно-фазовые электроприводы переменного тока, положительные качества которых наиболее ярко проявляются при построении системы управления на реконфигурируемых системах на кристалле (РСНК). Относительно невысокая стоимость испытательного оборудования делает перспективным использование асинхронных двигателей (АД), обладающих повышенной надёжностью по сравнению с двигателями постоянного тока и имеющих существенно меньшую стоимость относительно электрических машин с постоянными магнитами.

Существенная нелинейность, а часто и неопределенность, характеристик АД требует получения максимальной информации о фазовых переменных, характеризующих его состояние. Непосредственное измерение этих переменных существенно усложняет систему управления и предъявляет жесткие требования к возможностям используемых вычислительных микроконтроллеров. Поэтому предлагается расширение фазового пространства за счет использования наблюдающих устройств восстанавливающих необходимые для управления фазовые координаты исходя из информации о скорости и положении вала, получаемых с частотного датчика, использование которого является обязательным для рассматриваемого класса механизмов. Алгоритм наблюдателя может обеспечить управление АД при постоянной частоте скольжения или потокосцеплении. В результате проведенных исследований установлено, что для разрывных машин наиболее эффективным является регулирование параметров движения при постоянной частоте скольжения, когда при определенном алгоритме наблюдателя обеспечивается максимальный момент АД в нижней части диапазона регулирования скорости.

## Штуцер проходной повышенной надежности

Предлагаемое устройство разработано для решения проблемы надежности работы резьбовых соединений в условиях повышенной влажности (конденсат, пар) и устанавливаемых на трубопроводах для подачи жидкостей. Конструкция штуцера представлена на рис. 1.

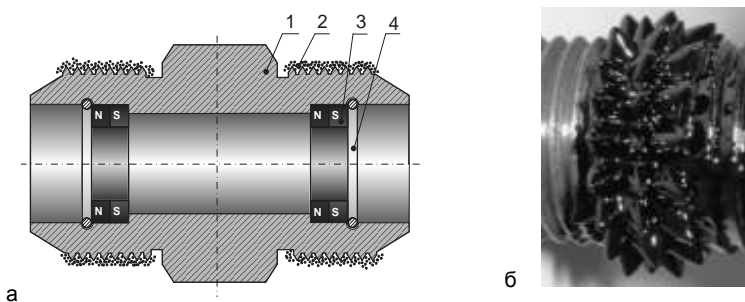


Рис. 1. Штуцер проходной: а – общий вид штуцера: 1 – тело штуцера; 2 – магнитная жидкость; 3 – магнит постоянный кольцевой; 4 – кольцо разжимное; б – штуцер с магнитной жидкостью на резьбовой поверхности

Штуцер проходной содержит элемент с наружной резьбой – корпус и элемент с внутренней резьбой (гайка, муфта и т.д.), постоянные кольцевые магниты, магнитную смазочную жидкость и разжимные кольца для фиксации кольцевых магнитов в теле штуцера. В сквозном отверстии штуцера помещены два постоянных кольцевых магнита, намагниченных в осевом направлении, служащих возбудителями магнитного потока. В качестве смазки на резьбовую поверхность штуцера наносится магнитная смазочная жидкость. Под действием магнитного поля магнитная смазочная жидкость распределяется по виткам резьбы и образует на них несущий смазочный слой, толщина которого пропорциональна напряженности магнитного поля в разных точках поверхности витков резьбы. Наибольшая напряженность магнитного поля имеет место на вершинах витков резьбы, туда же стягивается и большее количество магнитной смазочной жидкости, что обеспечивает меньшее трение в резьбовом соединении рис. 1-б.

### Литература

1. Патент РФ № 52622, МКИ F16L 15/04. Штуцер проходной / Подгорков В.В., Пучков П.В. Бюл. №10 от 10.04.2006 г.

## Влияние импульсной магнитной обработки на изменение доменной структуры в металле

Во время импульсной магнитной обработки при образовании доменной структуры возникают доменные границы, толщина которых зависит главным образом от соотношения следующих энергий: обменной  $\gamma_{обм.}$ , магнитной анизотропии  $\gamma_a$  и магнитоупругой  $\gamma_\lambda$ . Размеры самих доменов связаны со значением величин этих видов энергии, а также зависят от наличия и распределения в образце неоднородностей: неметаллических включений, размеров зерен, скоплений дислокаций и т.д. Стремление к уменьшению поверхностной энергии приводит к дроблению доменов и образованию новых доменов вокруг пустот, неметаллических включений и т.д. Поэтому практически объем доменов может колебаться даже для одного материала в очень широких пределах от  $10^{-1}$  до  $10^{-6}$  см<sup>3</sup>, а ширина доменов  $10^{-2}$  до  $10^{-5}$  см. Внутренние упругие напряжения вызывают искажение доменной структуры. При больших внутренних напряжениях домены могут принять сложную неправильную форму. Кроме того, доменные границы зависят от плотности дефектов: если плотность дефектов кристаллической решетки значительна, то наблюдается искривление доменных границ.

При возникновении доменов в ферромагнитных материалах образуются междоменные границы. Эти границы представляют собой переходный слой конечной толщины, в котором ориентация спиновых магнитных моментов (ориентация самопроизвольной намагниченности) изменяется от их направления в одном домене до направления самопроизвольной намагниченности в другом, соседнем домене. В объемах этих доменов самопроизвольная намагниченность однородна, следовательно, выполняется условие минимума обменной энергии и энергии магнитокристаллической анизотропии.

Силы обменного взаимодействия стремятся удержать магнитные моменты соседних атомов ближе к параллельной ориентации, т.е. расширить доменную границу. Силы, обусловленные энергией магнитной анизотропии, наоборот, стремятся уменьшить толщину доменной границы, так как на протяжении этого слоя происходит поворот вектора намагниченности от одного направления к другому, что связано с увеличением энергии магнитной анизотропии. Благодаря этим двум противоположным тенденциям устанавливается определенная толщина доменной границы  $\delta_{гр}$ , соответствующая минимальному значению удельной (на единицу площади) энергии граничного слоя  $\gamma$ .

## **Использование calS-технологий при эксплуатации цифровых систем**

Создание наукоемких технологий машинного производства неразрывно связано с созданием интеллектуальных систем с высоким качеством регулирования – прецизионных электроприводов.

Интеллектуальные электроприводы, предназначенные для оборудования с программным управлением, базируются на реконфигурируемых СБИС, совмещающих жесткое ядро микроконтроллера и программируемую логическую матрицу (CSL). При таком подходе возможно создание комплекта периферийных устройств, отвечающих требованиям конкретного технологического агрегата, и достигается максимальная «открытость» устройства. Этот принцип используется в гибридных электроприводах (ГП), базирующихся на принципе фазовой синхронизации с цифровым формированием сигнала управления объектом.

При разработке, вводе в эксплуатацию и модернизации ГП решается ряд трудно формализуемых задач, не позволяющий автоматизировать выполнение отдельных операций. Ошибки, связанные с определением оптимальных настроек ГП на этом этапе часто имеют серьезные последствия. Поэтому процесс разработки ГП представляет собой многошаговую интерактивную процедуру, выполнение которой связано со значительными информационными потоками. Эффективность решения этой задачи связана с использованием CALS-технологий как средства информационной поддержки.

Представленная подсистема «PhasImDA v3.1» обеспечивает оптимизацию структуры и параметров гибридных электроприводов применительно к требованиям технологического агрегата, ускорение наладки, контроль в процессе эксплуатации, оперативное выявление неисправностей и модернизацию электропривода. Подсистема включает специализированные модули, ориентированные на проектирование и исследование рассматриваемого класса систем, так и промышленные САПР, предназначенные для разработки и анализа схемотехнических решений, программного обеспечения, топологии программируемой логической матрицы CSL. Для взаимодействия с объектами проектирования подсистема использует имеющиеся в составе оборудования технические средства локальной сети.

При выбранной концепции построения представленная подсистема позволяет реализовать еще один принцип CALS-технологий – безбумажный (электронный) обмен данными. В состав клиентской части подсистемы входят интерфейсы связи с промышленными САПР и генератор отчетов, который создает протоколы работы подсистемы в электронном виде.

## Алгоритмы позиционирования гибридных систем

Анализ режимов работы современных технологических агрегатов показывает, что второй по степени распространения, является задача обеспечения позиционирования отдельных механизмов. К таковым относятся механизмы промышленных роботов и устройств смены инструмента гибких производственных модулей, систем программного управления, приборов для испытания физико-механических свойств материалов, устройств управления подачей топлива и многих других. При этом необходимо обеспечить высокую точность позиционирования при монотонном характере переходных процессов при подходе к заданному положению.

Для решения этих задач используются дискретные электроприводы с шаговыми двигателями и следящие системы. При этом первые обладают повышенной чувствительностью к скорости изменения входного сигнала, а большинство следящих систем, построенных на базе микроконтроллеров (МК) семейства «Motor Control» характеризуются значительной избыточностью предлагаемых ими возможностей. Некоторый компромисс в отношении свойства/состав дает применение гибридных систем позиционирования (ГСП), построенных на базе контура фазовой синхронизации. В ГСП импульсный способ формирования сигнала ошибки по положению объекта сочетается с цифровым формированием сигналов управления приводным двигателем, реализуемых включенным в контур синхронизации МК. В гибридных системах возможно использование различных алгоритмов. При программном позиционировании величина перемещения объекта однозначно связано с числом импульсов задающего сигнала и задается аппаратными средствами. В этом случае по способу управления ГСП аналогичны системам с шаговыми двигателями.

Для расширения возможностей используется программно-аппаратный способ задания величины позиционирования. В этом случае оказывается доступным формирование тахограмм разгона/торможения.

Несмотря на хорошие качественные показатели, программный способ позиционирования не лишен ряда недостатков, для преодоления которых и предлагается использование дополнительного контура управления, замкнутого непосредственно по положению вала двигателя. Для принятой идеологии построения ГСП такая модернизация не требует дополнительных аппаратных затрат, а реализуется только совершенствованием программных средств управления.

## **Причины повышенной эффективности смазочного действия магнитных жидкостей в процессах трения металлов**

Первоначально проведенными в ИГЭУ работами по исследованию смазочных свойств магнитных жидкостей установлено, что их смазочные свойства зависят лишь от смазочных свойств жидкостей-носителей, на основе которых они сделаны. Дальнейшие исследования и анализ возможных причин столь эффективного смазочного действия магнитных жидкостей позволили усомниться в этом, поскольку в ряде случаев смазочное действие магнитных жидкостей оказывалось выше эффективности действия их основы.

Анализ состава магнитных жидкостей и 30-летний опыт работы с ними позволяют автору настоящей статьи утверждать, что используемый в магнитных жидкостях в качестве магнитного наполнителя магнетит играет самостоятельную положительную роль мягкого абразива (твердость по шкале Мооса 5,5–6,0 ед.) и существенно влияет на проявление смазочного действия магнитных жидкостей.

Проведенные в Белорусском университете исследования показали, что находящиеся в смазочной среде абразивные частицы размером до 3–5 мкм ускоряют процесс приработки трущихся поверхностей пары трения и формируют рельеф поверхностей трения необходимый для проявления эффекта избирательного переноса и безызносного трения.

Проявление эффекта избирательного переноса и безызносного трения наблюдалось при трении металлостеклянных образцов в контакте со стальными роликами в среде магнитных жидкостей на основе минерального масла и полиэтилсилоксимовой жидкости ПЭС-5. При этом поверхности трения на образцах и роликах выглаживались до зеркального блеска (надо полагать под воздействием магнетита) и только после этого на зеркальных поверхностях пары трения появлялись яркие полосы сервовитной пленки красной меди, выраставшие до ширины всей поверхности контакта образцов и роликов.

Накопленная к настоящему времени совокупность результатов исследований показывает, что высокая эффективность смазочного действия магнитных жидкостей обеспечивается совместным проявлением смазочных свойств жидкости-носителя и абразивным действием магнитного наполнителя-магнетита или иного вещества, обладающего подобными свойствами. Кроме того, частицы магнетита, взаимодействуя между собой, создают на поверхности трения сплошной слой промежуточного вещества, исключаяющий чисто металлический контакт пары трения и экранирующий силы их молекулярного взаимодействия [7].

Процесс смазочного действия магнитных жидкостей содержит элементы самоорганизации и по существу является самоорганизующимся.



## СЕКЦИЯ 13. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

УДК 620.19 – 666.972

В.Е. МИЗОНОВ, профессор, ТИХОНОВ О.В., инженер, Е.А. БАРАНЦЕВА, доцент (ИГЭУ)

### Моделирование нестационарного прогрева тел при протекании в них фазовых переходов

Типичным примером прогрева материала до состояния плавления с последующим охлаждением является процесс термического нанесения покрытий. В подобных технологиях чаще всего не удается прогревать одновременно всю поверхность наносимого материала в силу большой ее протяженности и приходится использовать локальные источники теплоты. В частности, такая технология используется при расплаве стеклянной крошки на поверхности бетонных изделий для формирования защитных и декоративных покрытий. В данной работе предлагается математическая модель прогрева стержня перемещающимся источником теплоты при возможности фазовых переходов (например, плавления и отвердевания) в зонах стержня, где температура повышается или понижается по сравнению с температурой фазового перехода. Поскольку с не обогреваемых участков стержня происходит непрерывная теплоотдача в окружающую среду, его нагрев и плавление оказываются неравномерными и зависят от того, где находится и по какой программе перемещается источник теплоты.

Предлагаемая математическая модель указанного процесса использует представление стержня как одномерной цепи ячеек, передача теплоты вдоль которой путем теплопроводности описана матрицей теплопроводности, а приходящая от источника прогрева, уходящая в окружающую среду и возникающая в ячейках при фазовом переходе теплота – функциями источников теплоты в ячейках. Процесс описывается рекуррентным нелинейным матричным равенством, вычислительная процедура по которому легко и достаточно универсально, чтобы охватить разные условия процесса, алгоритмизируется. При прогреве ячейки до температуры фазового перехода (плавления) в ячейку вводится дополнительный (отрицательный) источник теплоты, обусловленный теплотой фазового перехода (при затвердевании эта теплота выделяется, то есть источник имеет положительный знак). При полном плавлении материала в ячейке происходит ее дальнейший прогрев, но уже в жидкой фазе. Положение ячейки, к которой подводится тепло от высокотемпературного источника, может меняться от перехода к переходу. Построенная таким образом матричная эволюционная модель прогрева при наличии фазовых переходов позволяет описывать формирование поля температуры и концентрации расплава при любой задаваемой программе движения источника тепла по поверхности пластины, включая «ручное» управление с помощью компьютерной мыши. Численные эксперименты позволили исследовать эволюцию температуры и концентрации расплава при различных условиях организации процесса.

УДК 620.19 – 666.972

В.С. ЛЕЗНОВ, студент, В.Е. МИЗОНОВ, профессор, И.В. НОВИНСКИЙ, инженер (ИГЭУ)

## **Расчетно-экспериментальное исследование сушки пористого материала в поле силы тяжести**

Сушка протяженного пористого листового материала в вертикальном положении сопровождается активным перераспределением влаги по его высоте путем конвективной диффузии в поле силы тяжести. Часть влаги удаляется в капельном виде через нижний торец материала, а часть – в окружающую среду путем массообмена (собственно сушки). В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования эволюции распределения влаги по высоте с течением времени, то есть процесс исследован по его локальным состояниям. Предложена техника эксперимента, позволяющего определить параметры тепло- и массопереноса для пористого влажного модельного материала, разработана и отлажена экспериментальная установка для его реализации. В каждом опыте исследуемый материал был представлен совокупностью полосок, первоначально увлажненных до известного содержания влаги и имеющих разметку на секции по его длине. Полоски размещались вертикально на специальной подставке. Под каждой из них был установлен коллектор влаги, удаляемой в капельном виде через нижний торец. Через определенные промежутки времени полоски по очереди разрезались в соответствии со сделанной разметкой и образовавшиеся секции взвешивались на электронных весах для определения содержания влаги в них. Итогом отдельного эксперимента являлась матрица содержания влаги в отдельных секциях (ее распределение по секциям, включая влагу, удаленную через нижний торец) в различные моменты времени, то есть полное описание эволюции влаги в данном образце. Были проведены эксперименты при различном начальном распределении влаги (влажная верхняя половина образца – сухая нижняя и наоборот), эксперименты, исключающие испарение влаги с боковой поверхности (образцы, завернутые в непроницаемую пленку), эксперименты с горизонтальным расположением образцов. Все это позволило разделить процесс на отдельные составляющие и оценить вклад каждой из них.

Результаты экспериментов были обобщены с помощью разработанной ранее ячеечной математической модели влагопереноса в вертикальном образце с удалением влаги через нижний торец. Выполненные по модели расчеты оказались в хорошем качественном соответствии с экспериментальными данными, а после идентификации параметров модели было получено и удовлетворительное количественное совпадение. Таким образом, разработанная модель и ее эмпирическое обеспечение могут рассматриваться как инженерный метод расчета сушки пористых материалов в поле силы тяжести.

УДК 621.928

Ю.В. ХОХЛОВА, аспирант, В.Е. МИЗОНОВ, профессор, Е.А. БАРАНЦЕВА, доцент,  
(ИГЭУ)H. BERTHIAUX, prof., C. GATUMEL, Dr.-Eng.  
(Ecole des Mines d'Albi, France)

## **Влияние сегрегации трассера на кривые отклика в непрерывном смесителе с неоднородным потоком**

При смешивании сыпучих материалов часто возникает необходимость смешать компоненты, склонные к сегрегации друг относительно друга. Процесс осложняется еще и тем, что поток компонентов и смеси часто неоднороден в поперечном направлении, например, пристенные слои потока, побуждаемые к движению смешивающими лопастями, движутся быстрее, чем его ядро. Цель данного исследования – выявить влияние поперечной неоднородности потока и склонности ключевого компонента к сегрегации на кривую распределения времени пребывания ключевого компонента в смесителе на основе математической модели. В основу моделирования положена теория цепей Маркова. Процессу поставлена в соответствие двумерная прямоугольная цепь ячеек. В вероятностях переходов между ячейками выделена чисто случайная (диффузионная) составляющая и конвективная составляющая. В горизонтальном направлении последняя обусловлена транспортом материала, а в вертикальном – возможной сегрегацией ключевого компонента. Число рядов ячеек заранее не является заданным и определяется массой материала в смесителе. Модель позволяет установить зависимость производительности от этой массы и, наоборот, – по виду этой зависимости, относительно легко получаемой экспериментально, судить о поперечной неоднородности потока в смесителе. Кривая распределения времени пребывания рассчитывается как последовательные выходы в абсорбирующую ячейку долей единичной порции трассера (ключевого компонента), помещенного в начальный момент времени на входе в аппарат. Положения ввода трассера также могут быть различны. Например, это может быть все поперечное сечение входящего потока, но может быть и локальный подвод в верхнюю зону потока на входе.

Наличие поперечной неоднородности приводит к деформации кривых распределения, которые с ее ростом переходят в бимодальные распределения. Сегрегация трассера в зависимости от ее направления может усилить или ослабить тенденцию к бимодальности.

Модель была применена для описания экспериментальных кривых распределения времени пребывания, полученных на лопастном смесителе непрерывного действия Gerisque-500, и установления связи их параметров с параметрами процесса. Показаны удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных кривых, что позволяет положить ее в основу метода расчета смесителя.

УДК 621.926

А.Г. КРАСИЛЬНИКОВ, аспирант, С.Ф. СМИРНОВ, доцент,  
В.Е. МИЗОНОВ, профессор, В.П. ЖУКОВ, профессор  
(ИГЭУ)  
Cs. MIHALYKO  
(Университет г. Веспрем, Венгрия)

## **Модель измельчения в трубной мельнице замкнутого цикла со сложной структурой потока материала**

Процесс измельчения в трубной мельнице замкнутого цикла складывается из двух процессов: собственно измельчение и разделение измельченного материала по крупности в мельничном классификаторе, крупная фракция из которого направляется на повторный размол. Однако, и собственно измельчение сопровождается неявной классификацией материала внутри мельницы. Особенно это заметно в вентилируемых мельницах, где мелкие фракции транспортируются вентилирующим газом гораздо быстрее, чем крупные, и соответственно измельчаются в течение меньшего времени. Для моделирования такого достаточно сложного процесса предложено использовать математический аппарат теории многомерных цепей Маркова. Обработываемый материал разбит на конечное число фракций, а мельница – на конечное число секций плюс секция, соответствующая мельничному классификатору. Это формирует двухмерную цепь ячеек – пространство состояний задачи. В каждый момент времени частица материала может с определенной вероятностью принадлежать к некоторой секции, а в ней – к некоторой фракции. Переходы между фракциями в каждой секции описаны классической популяционно-балансовой моделью измельчения через матрицы измельчения, а переходы между секциями – транспортной матрицей, в которой вероятности продольных переходов зависят от крупности фракций (для мелких фракций эти вероятности выше). В последней секции транспортная матрица с определенной вероятностью направляет фракцию в готовый продукт, а с дополнительной к ней вероятностью – обратно в мельницу, причем в ту ее ячейку, которая указана в матрице. Вероятности выхода в готовый продукт и возврат берутся из кривой разделения мельничного классификатора, определяемой из его модели или экспериментально.

Численные эксперименты, выполненные с моделью, показали, что она качественно удовлетворительно прогнозирует изменение характеристик процесса с изменением его параметров. Модель позволила также уточнить решение задачи об оптимальном позиционировании подвода возврата, который для достижения максимальной тонкости помола по одному контрольному сити следует подводить не в начало, а некоторое промежуточное сечение мельницы, положение которого зависит от ее характеристик, характеристик мельничного классификатора и режима движения материала в мельнице.

## **Тепловое состояние материалов при протекании в них химических реакций**

Решение задач теплопроводности с граничными условиями различного рода и локальными источниками теплоты, связанными с внешним теплообменом и происходящими внутри материала эндотермическими или экзотермическими реакциями, имеет важное значение для моделирования процессов в промышленности строительных материалов, химической технологии и других отраслях. В настоящей работе рассматриваются два вида задач. Первый из них – процесс с нежелательными экзотермическими реакциями (например, процесс окисления масел в многослойных промасленных листовых материалах), в котором при недостаточном теплоотводе температура может достигнуть температуры воспламенения. Второй – процесс с эндотермическими реакциями, протекание которых является целью термической обработки материала и требует дополнительных затрат теплоты. Для обоих случаев рассмотрена реакция первого порядка с заданным тепловым эффектом и постоянной скорости, зависящей только от температуры по закону Аррениуса. Иногда реакция представлена пороговой по температуре, когда до определенной температуры она не идет вообще, а выше нее починается указанному закону.

Для описания теплопроводности в теле использована одномерная ячеечная модель, где тепловое состояние представлено вектором-столбцом температур, а его эволюция – матрицей теплопроводности. В зависимости от температуры в ячейке в ней выделяется или поглощается теплота реакции, влияющая на ее тепловое состояние. Отвод выделяющейся теплоты при экзотермической реакции зависит от длины цепи ячеек (толщины материала): чем она больше, тем сильнее разогреваются центральные ячейки цепи. Расчет по модели позволяет прогнозировать максимальную температуру и сравнивать ее с температурой воспламенения, а также находить условия хранения материала, при которых температура не превышает допустимой.

При эндотермической реакции, осуществление которой является целью процесса, нужен дополнительный подвод теплоты. Здесь интересна задача о протекании такой реакции в стержне, прогреваемом перемещающимся локальным источником теплоты. Поскольку целью процесса является полное протекание реакции во всем стержне, неподвижный локальный источник при наличии внешней теплоотдачи в среду может и не обеспечить протекание реакции, например, на периферии стержня или сделать этот процесс очень продолжительным. Протекание реакции ускоряется при перемещении источника по некоторым программам, которые были исследованы и из них выбраны оптимальные.

УДК 621.928

С.В. ЯРАНОВ, аспирант, В.Е. МИЗОНОВ, профессор, Е.А. БАРАНЦЕВА, доцент,  
(ИГЭУ)

E. VOROBIEV, prof.

(Université de Technologie, Compiègne, France)

## **Моделирование процесса фильтрации жидкости со сжимаемым осадком**

Целью математического моделирования фильтрации является установление связи между кинетикой накопления осадка на фильтровальной перегородке и его последующей деформации с основными параметрами процесса. Если осадок несжимаемый, то процесс заканчивается при его полном осаждении на фильтровальной перегородке; при сжимаемом осадке начинается его деформирование, сопровождающееся, например, отжимом целевого компонента. Предлагаемая ниже модель описывает фильтрацию жидкости на обеих стадиях процесса. Применение диффузионных моделей движения частиц при фильтрации ограничено далеко идущими допущениями, обычно принимаемыми для получения аналитических решений. Переход к численным решениям зачастую позволяет снять многие из допущений, но сама численная процедура не обладает достаточной наглядностью при построении собственно моделей. Компромиссом является применение ячеечных моделей, которые, с одной стороны, представляют численную процедуру работы с уравнениями переноса, а с другой, являются исключительно наглядными с точки зрения уравнений баланса. Математическим аппаратом работы с ячейчными моделями является теория цепей Маркова, а основным оператором модели – матрица переходных вероятностей, описывающей эволюцию вектора состояния системы – распределения концентрации частиц по ячейкам при подвижной границе около поршня.

При движении поршня жидкость проходит сквозь перегородку, а частицы осаждаются на ней, причем слой осадка растет по мере протекания процесса, что сопровождается ростом гидравлического сопротивления и снижением скорости движения поршня при постоянной приложенной к нему силе. Это процесс учитывается в модели через переменное время прохождения ячеек, влияющее на все параметры матрицы переходных вероятностей. На первом этапе процесса до полного осаждения осадка принимается во внимание только рост гидравлического сопротивления, на втором, когда происходит деформация осадка, учитываются его реологические свойства, причем в предлагаемое описание может быть подключена любая реологическая модель. Выполненные численные эксперименты показали хорошее качественное соответствие прогнозируемых характеристик фильтрации с экспериментальными данными. Проведенная идентификация модели ряда для конкретных материалов позволила добиться и хорошего количественного соответствия, то есть преобразовать модель в метод расчета.

## Математическое моделирование распределения скоростей частиц в цилиндроконическом аппарате кипящего слоя

Целью настоящего исследования является математическое моделирование распределения массы материала по объему аппарата кипящего слоя цилиндроконической формы и, как следствие, – расчет значений скоростей частиц.

Модель построена на основе одномерной цепи Маркова. Аппарат со взвешенным слоем рассматривается как совокупность ячеек постоянного размера, пропорционального сечению цилиндрической части и ячеек переменного размера, пропорционального сечению конической части. Массообмен материала между ячейками описан переходной матрицей, элементы которой определяются фактической скоростью газа в ячейках, а также коэффициентом, величина которого зависит от интенсивности взаимодействия частиц и некоторыми другими случайными факторами. Движение материала рассматривается через малые конечные промежутки времени  $\Delta t$ , в течение которых частицы могут переместиться не далее соседней ячейки. В аппарат подаётся газ со скоростью  $W$ . Крупность фракции исходного материала характеризуется ее скоростью витания  $V_s$ . Фактическая скорость газа в ячейках рассчитывается с учётом изменяющейся концентрации, значение которой после каждого шага по времени уточняется в зависимости от скорости обтекания частиц.

В реальных условиях материал загромождает сечение аппарата, что учтено введением максимальной массы материала  $SM_{\max}$ , которая может содержаться в ячейке, и коэффициентом ее порозности  $\varepsilon$ . Максимальная масса материала в ячейке определяется насыпной плотностью последнего, причём для цилиндрической части аппарата её величина постоянна, а для конической части – зависит от положения ячейки в конусе. Текущее состояние процесса представлено вектор-столбцом, состоящим из масс материала в каждой ячейке. Эволюция состояния получается путём умножения матрицы переходных вероятностей на вектор состояния.

Предложенная модель позволяет рассчитать поле скоростей частиц в цилиндроконическом аппарате кипящего слоя.

## **Моделирование взаимосвязанного тепловлажнопереноса в ограждающих конструкциях зданий и сооружений**

В современном строительстве при производстве и эксплуатации зданий существует множество процессов, связанных с нестационарным тепловлажнопереносом, усложненных непостоянством параметров окружающей среды. Создание удобных в инженерном обращении моделей теплотехнического расчета ограждающих конструкций с учетом влажностного состояния строительных материалов, составляющих конструкцию, и нестационарности процессов тепло- и влажнопереноса является важной задачей в современном обществе. Потребность в разработке новых методов расчета обуславливается экономией энергоресурсов и созданием высокоэффективных в теплотехническом отношении ограждающих конструкций. В данной работе предлагается математическая модель нелинейного тепловлажнопереноса через стенку при переменных температуре и влажности в окружающей среде с обеих ее сторон при возможности фазовых переходов.

Основными операторами указанной математической модели являются матрицы переходных вероятностей для температуры и влаги, элементами которых являются вероятности переходов между одинаковыми по толщине слоями стенки. Для определения вероятностей разработан алгоритм, требующий знания только теплофизических свойств материала и шаг временной дискретизации процесса. В структуре данной модели матрицы переходов для температуры и влажности не являются постоянными и рассчитываются на каждом временном интервале. Процесс описывается рекуррентными матричными равенствами, включающими в себя матрицы переходных вероятностей и векторы состояния процесса (вектор температур и влажности), для которых известны их начальные распределения. Эти равенства позволяют легко и доступно учитывать различные и постоянно изменяющиеся условия процесса.

Построенная таким образом модель позволяет оценить теплофизическое состояние проектируемых конструкций при различных режимах эксплуатации и, как следствие, рационально запроектировать их под конкретный режим. Для реализации построенной модели разработано программное обеспечение, внедрение которого на практике дало положительные результаты.



УДК 621.928

В.П. ЖУКОВ, д.т.н., профессор, С.Ф. СМИРНОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)  
D. URBANIAK, доцент, P. KANIOWSKI, аспирант  
(Ченстоховский политехнический университет, Польша)

## Расчетно-экспериментальные исследования классификации материала в кипящем слое

В реакторах кипящего слоя при обработке дисперсных материалов происходит унос из слоя преимущественно мелких частиц. Учет классификации порошков при расчете основных и вспомогательных процессов является необходимым условием для организации эффективной работы реактора.

В качестве объекта моделирования выбран реактор периодического действия с кипящим слоем дисперсного материала. Частицы движутся в слое хаотично с разными скоростями. Экспериментально установлено, что распределение частиц по скоростям в слое соответствует распределению молекул газа по скоростям – распределению Максвелла. Этот факт позволяет при описании поведения частиц в слое использовать известные подходы и зависимости статистической физики. Частицы с определенной вероятностью могут покинуть слой. Цель математического моделирования – определение вероятности выноса частиц из слоя. Знание указанных вероятностей для каждой фракции позволяет рассчитать гранулометрический состав загрузки и ее поверхность.

Для выноса частицы из кипящего слоя необходимо наступление двух последовательных событий: достижение частицей границы слоя (событие А) и унос частицы с границы из слоя (событие В). Соответственно вероятность выноса частиц из слоя определяется произведением вероятностей двух указанных событий.

Вероятность частицы достичь границы слоя за единицу времени (событие А) рассчитывается как отношение числа частиц, долетевших до границы слоя, к общему числу частиц в реакторе. Число частиц, достигших границы слоя, выражается через произведение числа ударов о единичную площадку на площадь границы слоя. Общее число частиц в реакторе записывается через произведение концентрации частиц в единице объема на объем реактора. Вероятность уноса из слоя частиц, достигших границы, (событие В) определяется как доля частиц, движущихся в вертикальном направлении с положительной скоростью. Эта доля определяется как интеграл от распределения частиц по скоростям. Кривая разделения классификации рассчитывается как отношение числа частиц, покинувших слой, к исходному числу частиц наблюдаемого размера в загрузке реактора. В работе приведено сопоставление расчетных и экспериментальных гранулометрических составов продуктов при различной продолжительности процесса классификации, выполнена проверка адекватности модели.

УДК 621.184

Е.В. БАРОЧКИН, к.т.н., доцент, В.П. ЖУКОВ, д.т.н., профессор,  
М.Ю. ЗОРИН, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## Задача системного анализа пластинчатых теплообменных установок

Современные пластинчатые теплообменные установки часто включают десятки и даже сотни ступеней со сложной структурой потоков теплоносителей. Эффективным инструментом для исследования и совершенствования таких сложных систем является системный анализ.

В терминах теории исследования операций сформулирована задача системного анализа. Методы исследования операций обычно включают три этапа: описание операции, разработку модели системы и определение оптимальных альтернатив (вариантов). Под операцией будем понимать любое целенаправленное действие. Описание операции с выделением цели, по-существу, является постановкой задачи. Задача исследования операций формулируется следующим образом. Обозначим через  $\alpha$  – вектор известных параметров,  $x$  – искомый вектор решений,  $W$  – целевую функцию или показатель эффективности решения,  $u$  – управление (регулирование) процессом. При заданном комплексе условий  $\alpha$  найти такое решение  $x=x^*$ , которое при управлении процессом  $u$  обеспечивает экстремальное значение показателя эффективности  $W$ . Математическая запись операции представляется в виде

$$W = W(\alpha, x, u) \Rightarrow \min_x .$$

Разработанная математическая модель системы пластинчатых теплообменных аппаратов со сложной структурой потоков позволяет определить значение параметров теплоносителей внутри системы. Структура потоков в модели задается матрицей коммутации  $K$ , которая связывает каждый выход ступени с каждым возможным входом других ступеней. Задача системного анализа применительно к системе пластинчатых теплообменных аппаратов формулируется следующим образом. При заданных температурах горячего и холодного теплоносителя на входе в установку  $\alpha = (t_{10}, t_{20})$  выбрать оптимальную структуру потоков теплоносителей  $K$  и распределение поверхностей нагрева по ступеням  $F$ , которые обеспечивают минимальные тепловые потери  $W$  (например, минимальную температуру горячего теплоносителя на выходе или минимальную убыль эксэргии теплоносителей) при заданной температуре холодного теплоносителя на выходе ( $t_2 = \text{const}$ )

$$W(\alpha, x(K, F), u(t_2)) \Rightarrow \min_{K, F} .$$

В работе приводятся и обсуждаются полученные решения задачи.

УДК 621.321

А.А. БОРИСОВ, аспирант, В.П. ЖУКОВ, д.т.н., профессор,  
А.Е. БАРОЧКИН, студент  
(ИГЭУ)

## Применение метода неопределенных множителей Лагранжа при оптимизации режимов работы турбоагрегатов ТЭС

Поиск оптимальных режимов работы тепловых электростанций сопряжен с необходимостью реализации алгоритмов многомерной оптимизации. Целевую функцию оптимизации распределения тепловых и электрических нагрузок между турбоагрегатами ТЭС можно представить в виде:

$$F_{ц} = \sum_{i=1}^n N_{эi} \cdot q_{тi}(Q_{пi}, Q_{тi}, N_{эi}) \Rightarrow \min_{Q_{пi}, Q_{тi}, N_{эi}} \quad (1)$$

где  $Q_{п}, Q_{т}$  – тепловые нагрузки соответственно производственного и теплофикационного отборов пара;  $N_{э}$  – электрическая мощность;  $q_{т}$  – удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии;  $n$  – количество турбоагрегатов, участвующих в распределении нагрузки, индекс  $i$  – номер турбоагрегата. Суммарные значения тепловых и электрических нагрузок, которые необходимо распределить, считаются заданными и записываются в виде ограничений

$$Q_{п} = \sum_{i=1}^n Q_{пi}; \quad Q_{т} = \sum_{i=1}^n Q_{тi}; \quad N = \sum_{i=1}^n N_{эi}. \quad (2)$$

Удельный расход тепла на выработку электроэнергии является основной величиной, характеризующей экономичность работы турбоагрегата. Он зависит от многих режимных параметров турбоустановки, прежде всего, от величины тепловых нагрузок регулируемых отборов пара и электрической нагрузки агрегата. Ввиду необходимости использования результатов оптимизационного расчета при определении технико-экономических показателей работы электростанции, исходными данными для оптимизации должны являться утвержденные энергетические характеристики оборудования, входящие в состав нормативно-технической документации по топливоиспользованию.

Использование зависимости удельного расхода тепла на выработку электроэнергии в виде аппроксимирующих полиномов позволяет получить аналитическое решение сформулированной оптимизационной задачи (1) с учетом ограничений (2) методом неопределенных множителей Лагранжа. При этом решение многомерной оптимизационной задачи удается свести к решению системы линейных уравнений. Предложенный подход позволяет значительно сократить объем производимых вычислительных операций.

УДК 621.926

Г.Г. МЕЖЕУМОВ, аспирант, В.П. ЖУКОВ, д.т.н., профессор,  
В.Е. МИЗОНОВ, д.т.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Идентификация ячеечной модели замкнутого цикла измельчения цемента**

Ранее на основе теории цепей Маркова разработана математическая модель измельчения клинкера в замкнутом цикле с трубной мельницей и центробежным классификатором; проведены предварительные численные эксперименты [1]. На следующем этапе исследования выполняется идентификация расчетной модели для промышленной цементной мельницы, в результате чего определяется матрица измельчения  $G$ , связывающая гранулометрические составы на входе и выходе трубной мельницы, и матрица классификации  $C$ , описывающая процесс разделения материала классификатором на крупный и мелкий продукты.

Работа классификатора исследовалась при различных скоростях вращения ротора и расходах газа. В процессе промышленного эксперимента отобраны образцы материала из трех продуктов классификатора: входного, крупного и мелкого. Сначала эксперимент проведен для номинальных значений скорости ротора и расхода газа, а затем повторен для значений выше и ниже номинальных для обоих параметров. Образец исходного материала был отобран с ленты конвейера. Все производственные параметры, характеризующие мельничный контур во время отбора образцов, (скорость вращения ротора классификатора, производительность питания мельницы и т.д.) были зарегистрированы в электронный журнал.

Для всех отобранных образцов определены кривые распределения частиц по размерам. Кривые для продуктов сепаратора получены с помощью лазерного анализатора Horiba LA-910; исходный материал с ленты конвейера просеян механическим способом.

Кривые распределения частиц по размерам продуктов центробежного классификатора позволили определить вид кривой разделения (кривой Тромпа), то есть произвести идентификацию матрицы классификации  $C$  для различных скоростей вращения ротора и расходов газа. Данные о распределении частиц по размерам в исходном материале питателя и в крупном продукте разделения позволили связать гранулометрические составы на входе и выходе мельницы, то есть произвести идентификацию матрицы измельчения  $G$ .

Таким образом, модель была подготовлена к решению оптимизационной задачи управления мельничным циклом.

### **Литература**

1. **Межеумов Г.Г., Жуков В.П., Мизонов В.Е.** Применение теории цепей Маркова к моделированию замкнутого цикла измельчения // Изв. Вузов. Химия и химическая технология. – 2005. – Т. 48. – Вып.4. – С.135-137.

## СЕКЦИЯ 14. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ НТП

УДК 331.101.38

Х.А. АБДУХМАНОВ, аспирант  
(ИГЭУ)

### Методический подход к оценке трудового потенциала предприятия

Изучение специальной экономической литературы, посвященной проблемам оценочной деятельности в организациях, показывает, что в науке и практике на сегодняшний день не сформирован единый методический подход количественной оценки трудового потенциала предприятия, необходимость которого вытекает из того очевидного факта, что рабочая сила является определяющим фактором производства. Чем выше индивидуальная производительность труда работника и больше период его деятельности, тем больший доход он приносит и представляет большую ценность для предприятия. В связи с этим вопрос о стоимости кадрового потенциала предприятия актуален, и, в особенности, в периоды спецификации собственности или в периоды серьезных кадровых перестановок в организации.

Обобщая имеющиеся по обозначенной тематике научные разработки, мы считаем приемлемым в современной практике предприятий следующий методический подход к определению оценочной стоимости трудового потенциала предприятия (S) как расчетной величины, равной произведению выплачиваемой или предполагаемой заработной платы работника (ЗП) на коэффициент Гудвил кадрового потенциала (Гкп):  $S = ЗП \times Гкп$ , где S – оценочная стоимость работника, руб.; ЗП – предполагаемая или выплачиваемая заработная плата работнику, руб.; Гкп – коэффициент кадрового потенциала работника (расчетная величина). Этот коэффициент отображает реальную, рыночную, индивидуальную стоимость работника не как штатной единицы, а как конкретного человека, умеющего качественно выполнять определенные функции, решать поставленные задачи.

При простоте расчета, реальной доступности исходных данных, возможности обработки больших массивов информации электронным способом трудность реализации на практике данного подхода заключается, на наш взгляд, в присутствии субъективного момента: производящий расчет самостоятельно должен определять квалификацию имеющегося персонала по приемлемой для него классификации, проставлять Гудвил-коэффициент кадрового потенциала.

Однако, преодоление субъективизма и обеспечение корректности в реализации данного подхода, как мы считаем, вполне возможно, если основные решения будет принимать экспертная комиссия, в состав которой следует включать опытных специалистов экономических и инженерных служб предприятия.

## Модели потребления алкоголя

Потребление алкоголя является одной из характеристик, позволяющей определить особенности социальных отношений, установки и ценности в различных обществах, на разных уровнях общественных структур. Важная задача состоит в выявлении модели алкопотребления того или иного общества, т.к. она складывается исторически и проявляется в традициях потребления спиртных напитков у разных народов.

В понятие модели алкогольного потребления входят численность и состав пьющих; распределение потребления алкоголя в различных социально-демографических группах; поведение в состоянии опьянения и оценки этого поведения и др. Эти параметры варьируют в разных социокультурных и этнических группах и определяют общий объем потребления алкоголя среди населения той или иной страны.

Можно выделить следующие модели алкопотребления, сложившиеся исторически и проявляющиеся в традициях потребления алкоголя.

Винная модель получила распространение в таких странах, как Франция, Италия, Португалия, Армения, Грузия, Молдавия. Ее отличает частое потребление слабого виноградного вина, сравнительно равномерное распределение объема потребляемого алкоголя между различными группами населения и чрезвычайно высокое суммарное потребление алкогольных напитков.

По уровню потребления алкоголя к винной близка пивная модель.

Водочная модель традиционно преобладает в Польше, России, Финляндии, Швеции и других странах. Для нее типично более редкое и неравномерное потребление крепкого спиртного среди населения, сильное опьянение как сознательная цель потребления. Страны преимущественно водочной модели, уступают «винным» по суммарному потреблению алкоголя на душу населения в год, но имеют не меньше отрицательных последствий.

Сегодня существует тенденция размывания национальной специфики алкогольного потребления. В России рост в общем объеме употребляемых алкогольных напитков доли пива и вина, к сожалению, не связан с сокращением количества водки. На сегодняшний день для России характерно совмещение традиционного паттерна потребления алкоголя с элементами других моделей.

### Литература

1. **Dwight B.**, Heath Ph.D. Drinking patterns: then and now // The Brown University Digest of Addiction Theory and Application. October 2005. P. 8.
2. <http://www.alcohol.com/redirect.php?addr>. Обращение к документу: 12.11.2006.
3. **Горячева Н.В.** Модель потребления алкоголя в России // Социологический журнал. – 2003. – №4. – С. 101-107.

## **Человеческий потенциал в формирующейся экономике России**

В России в условиях переходного периода первостепенное значение должно уделяться формированию человеческого потенциала, адекватного рыночной экономике. В условиях конкуренции человеческий потенциал должна характеризовать готовность и способность людей к активному саморазвитию, своевременному и адекватному ответу на вызовы внешней среды.

Человеческий потенциал характеризуется демографической структурой, психофизиологическими особенностями, здоровым долголетием, жизненной активностью, уровнем общего и специального образования, квалификацией, предприимчивостью, вертикальной и горизонтальной мобильностью, культурой, структурой жизненных ценностей, потребностей, интересов, уровнем нравственности и морали, характером правосознания, религиозными и национальными особенностями.

Важной представляется оценка человеческого потенциала разных стран мира, в том числе и России. Последние десять лет в рамках Программы развития ООН исчисляются и сравниваются индексы развития человеческого потенциала (ИРЧП) 175 стран. Этот индекс состоит из трех компонентов: дохода, определяемого показателем ВВП по паритету покупательной способности в долларах США; образования, определяемого показателями грамотности и доли учащихся среди всех детей и молодежи в возрасте от 6 до 23 лет; долголетия, определяемого показателем продолжительности предстоящей жизни при рождении. Итоговый ИРЧП рассчитывается как среднеарифметическая сумма названных компонентов. Теоретически его значения могут меняться от 0 до 1, фактически укладываются в интервал от 0,600 до 0,950. Нижней границей развитых стран считается значение ИРЧП, равное 0,800. На наш взгляд, главным недостатком данного коэффициента является отсутствие в нем инновационного компонента человеческого потенциала, особо важного для трансформирующихся обществ.

На данном этапе существования России только государство может обеспечить общественно приемлемое распределение выгод от рыночной экономики. Как минимум нужна реализация закона о прожиточном минимуме, устраняющего бедность как массовое состояние. Причем этот минимум нужно дополнить системой минимальных социальных стандартов, которые включают услуги системы жизнеобеспечения (свет, вода, тепло), здравоохранения, образования, культуры, системы поддержки общественного порядка. Необходимо резкое увеличение ассигнований на нужды образования, здравоохранения, науки, государственное регулирование цен и качества медицинских услуг и лекарств.

## **О двухкритериальной модели цены (стоимости)**

Маршаллианская концепция равновесной цены синтезирует два противоположных подхода к пониманию стоимости (цены) товара – затратный и полезностный. Эта двухкритериальная модель цены является одной из основных категорий в современной микроэкономике.

Посмотрим, каким образом реализуется в микроэкономической теории критерий полезности. При анализе кривой спроса его реализация очевидна: покупатель согласен платить более высокую цену за более высокую предельную полезность. Другими словами, полезность – первична, цена – вторична; потребитель смотрит на цену сквозь призму полезности.

В точке равновесной цены оценки полезности и величина издержек совпадают и действительно невозможно различить их влияние на эту цену: она едина, в ней произошло взаимопоглощение субъективных оценок и издержек.

Однако до точки равновесия «на кресте Маршалла» и в верхней и нижней его частях ситуация иная: поведение потребителя регулирует цена, а не полезность как таковая. Другими словами, потребитель смотрит на полезность сквозь призму цены, не его отношение к полезности определяет собой уровень цены, а наоборот, цена обуславливает его отношение к полезности. При этом в обоих случаях цена равна издержкам.

Выше уровня равновесной цены каждая точка на кривой спроса означает предельную полезность более высокую, чем в точке равновесия. Казалось бы, что эта предельная полезность адекватно оценивается потребителями, что отражается в более высокой цене. Следовательно, со стороны спроса с этой точки зрения никаких проблем быть не должно, т.к. потребителя привлекает высокая полезность. Тем не менее, на рынке возникает избыток: публика не покупает высокополезное.

Ниже уровня равновесной цены каждая точка на кривой спроса означает предельную полезность более низкую, чем в точке равновесия. Однако здесь рыночная ситуация характеризуется дефицитом: публика активно раскупает нечто менее полезное.

Таким образом, поведение покупателей является совершенно разным, хотя соотношение цены и полезности остается принципиально одинаковым: высокая полезность – высокая цена, низкая полезность – низкая цена. В точке равновесия покупатель согласен с потерей полезности ради приемлемой для него цены. Все это означает, что цена выступает как некоторая независимая переменная, динамика которой обуславливает отношение покупателей к предельным полезностям.



## **«История семьи» как вид самостоятельной творческой работы студентов по отечественной истории**

Согласно современной парадигме высшего образования самостоятельная работа студентов (далее – СРС) должна составлять основу учебного процесса.

На кафедре отечественной истории и культуры ИГЭУ разработан целый комплекс индивидуальных заданий различного уровня сложности. Но есть самостоятельное творческое задание, которое выполняется всеми первокурсниками. Это – написание родословной.

Эта работа преследует несколько целей.

Прежде всего, сформировать у учащихся навыки самостоятельной деятельности. В данном случае к их числу относятся умения осуществлять поиск необходимой исторической информации; систематизировать полученный материал; составлять авторский текст; делать обобщения и выводы; выполнять литературную обработку написанного и т.д.

Вторая цель, которую преследует наше творческое задание, заключается в том, чтобы повысить интерес первокурсников к изучению отечественной истории. Исторический материал как будто оживает, наполняется близкими и понятными героями и событиями и потому становится более интересным.

Третья цель студенческих работ состоит в том, чтобы способствовать сохранению исторической памяти. С каждым ушедшим годом и с каждым ушедшим человеком часть истории невосполнимо утрачивается, а рассказы очевидцев, собранные учащимися, помогают сохранить детали событий и дух времени.

Наконец, четвертая цель СРС заключается в том, чтобы познакомить студентов с различными методологическими подходами к изучению истории. Если на лекциях и семинарах обсуждаются преимущественно проблемы макроуровня российской истории (политика, экономика, общественные движения и т.д.), то знакомство с повседневной жизнью родственников позволяет взглянуть на события и явления на микроуровне.

Написание истории семьи требует (и даёт возможность) индивидуальной работы преподавателя со студентами.

Следует отметить, что студенческие работы являются весьма ценным источником, причем не только по истории России конца XIX – XX веков. В частности, они позволяют определить степень информированности наших современников о событиях прошлого, а также проанализировать оценки, которые они им дают.

## **Аристотелевская физическая концепция «естественного места»: метафизическая экстраполяция**

Творческое наследие Аристотеля до сих пор ценно не только в плане истории развития человеческой мысли, но и как кладезь идей нуждающихся в развитии. К числу таких идей относится и высказанная Аристотелем в его «Физике» концепция «естественного места», имевшая в виду закономерность, проявляющуюся при перемещениях тел в рамках системного целого. Аристотель, кстати один из первых утверждал, что целое зависит от характера взаимосвязи частей и всегда больше их суммы

Физическая концепция «естественного места» является развитием метафизических представлений Аристотеля о «сущности» любой вещи, связываемой с движением к определенной цели. Согласно аристотелевской концепции «естественного места», в органичной структуре мироздания – живого и одухотворенного Космоса, каждая вещь имеет свое место, покинуть которое может заставить ее внешнее воздействие, но лишь на то время пока оно длится. Стоит внешнему воздействию прекратиться и тело неизбежно возвращается в свое «естественное место», т.е. туда, где ему изначально и положено быть для выполнения определенных функций в рамках органичного целого – системы.

Данная концепция вполне адекватно соответствует современной синергетической картине мира, более того она может быть истолкована более широко и экстраполирована **на любую органичную (организменную) систему** любой природы – физической, биологической, социальной или концептуальной. Выявление «естественного места» элемента системы означает в этом аспекте выявление и прогноз имманентных тенденций в структурной динамике органичной системы, дает представление об эталонной норме ее функционирования и позволяет, тем самым, выработать оптимальную стратегию регулирования данной системы. Адекватное понимание естественного места любого элемента системы, позволяет, при целенаправленном воздействии на него, не вступать в конфликт с объективными закономерностями (тратя энергию впустую). Исходя из такого понимания, можно оптимизировать действия по устранению деформаций и возврату, как данного элемента, так и всей системы к Норме – гармоничному функциональному взаимодействию целого и его частей.

### **Литература**

1. **Аристотель.** Физика // Аристотель. Соч. В 4 т. – М., 1981. – Т.3.
2. **Аристотель.** Метафизика // Аристотель. Соч. в 4 т. – М., 1976. – Т.1.

УДК 378.115.004.9

Г.А. БУДНИК, д.и.н., профессор, В.П. БИТКИН, программист  
(ИГЭУ)

## **Отечественная история в техническом вузе: из опыта работы по созданию электронного учебника**

Исторические знания традиционно разъяснялись преподавателями в лекциях и осмысливались студентами на семинарских занятиях. Такого рода информация предоставлялась ранее преимущественно в книжных изданиях. В настоящее время, в связи с изменениями условий образования, увеличением объема исторических знаний и многовариантность их методологической интерпретации, явно проявляется потребность в создании нового поколения учебников. Наряду с традиционными печатными изданиями возрастает потребность в компьютерных учебно-методических комплексах, над созданием и совершенствованием которых работают сегодня в большинстве вузов страны. Однако может ли электронный учебник показать всю сложность исторических процессов и явлений? Пока ответа на этот вопрос, также как и единого стандарта, схемы электронного учебника по истории нет. На наш взгляд электронный учебник имеет ряд положительных моментов. Во-первых, мультимедийные ресурсы практически безграничны и электронный вариант учебника позволяет эффективно вести обучение со студентами различного уровня подготовки. Во-вторых, только таким путем можно обеспечить качественное обучение студентов-заочников. В-третьих, такой вид учебника дает возможность размещения в нем различных видов информативных материалов: текстов, рисунков, фотографий, схем, исторических карт, видеосюжетов и т.д., что позволяет наиболее полно и оптимально представить изучаемый материал.

При разработке концепции электронного учебника для студентов, авторский коллектив исходил из следующих положений. Во-первых, содержание учебника должно соответствовать Государственному стандарту и рабочей программе, разработанной на кафедре. Во-вторых, электронный учебник не является заменой преподавателя и традиционных форм освоения учебного материала по истории (лекции, практические занятия, работа с книгой). В-третьих, он должен помочь преподавателю организовать учебную деятельность студентов таким образом, чтобы они глубоко освоили фактический материал, получили дополнительную информацию по интересующим их вопросам, развили навыки логического мышления и творческие способности, почувствовали интерес к предмету. В-четвертых, главным критерием выбора авторских решений должно быть удобство и польза для обучающегося. В-пятых, подбор материала в учебнике должен строиться с учетом задач нравственного и патриотического воспитания студентов.

## Программные средства для нейросетевого анализа фондового рынка

В докладе проводится сравнительный анализ программных продуктов, наиболее востребованных при проведении финансового анализа фондового рынка. Указываются особенности их использования при исследовании финансовых трендов предприятий горнодобывающей отрасли.

(1) NeuroShell 2 (\$900) – позволяет создать 16 различных видов нейросетей. Позволяет автоматически находить наиболее подходящие индикаторы для вашего временного ряда.

(2) Brain Maker Professional (\$850) – реализованы те же функции, что и NeuroShell 2, но предназначен только для построения нейронных сетей обратного распространения.

(3) NeuroShell Day Trader v. 3.0 (\$2590) – учитывает специфические нужды трейдеров. Имеет инструментарий программ используемых для технического анализа. Нейронные сети являются встроенными, а не чем-то используемым отдельно. Возможность реализовывать собственные индикаторы.

(4) Neuro Builder 2001 Advanced (\$3500) – Участие пользователя состоит только в подготовке корректных сценариев для работы программы. Пакет реализован в виде множества независимых модулей.

(5) GeneHunter (\$475) комплекс программных средств для решения оптимизационных задач с помощью генетических алгоритмов. Поддержка языков программирования (Visual Basic, C++)

Таблица 1. Сравнение пакетов нейросетевого анализа данных

Функции	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Модуль контроля настройки параметров сети	+	+		+	+
Предоставление функций нейронной сети в dll	+	+		+	+
Анализ и предобработка исходных данных,	+	+		+	+
Создание (построение) правил	+	+	+		+
Выделение тренировочного, тестового и экзаменационного наборов	+	+			
Выбор пользователем различных архитектур сетей	+	-		+	
Графический и статистический анализ работы сети, анализ важности входных переменных	+	+		+	+
Импорт данных	+	+	+	+	+
Создание и подбор индикаторов	+	-	+		

### Литература

1. [www.neuroproject.ru](http://www.neuroproject.ru) - NeuroProject / Каталог программ.
2. [www.rbc.ru/techanal/soft.html](http://www.rbc.ru/techanal/soft.html) - Аналитическое обеспечение.

## **Особенности факторов экономического роста в современной России**

Для современной России проблема экономического роста представляет большой практический интерес. С возможностями экономического роста связана задача удвоения ВВП к 2010 году, для этого необходимо поддерживать ежегодный рост ВВП на уровне 7 %. С экономическим ростом связано решение ряда неотложных проблем: обновление основных фондов промышленности, структурная перестройка экономики, борьба с бедностью, повышение конкурентоспособности отечественной продукции.

Серьезная трудность экономического роста в России состоит в том, что он начался после очень значительного спада производства: с 1989 г. по 1997 г. ВВП России сократился с 700 до 350 млрд. долл. (в ценах 1997 г.). Отсюда встает вопрос о том, располагает ли РФ необходимыми факторами для долговременного и устойчивого экономического роста. Для долговременного экономического роста важную роль играют факторы предложения.

Принято считать, что одно из важных конкурентных преимуществ России – ее природные ресурсы. Действительно, в стране есть достаточно крупные запасы минерального сырья, в первую очередь – энергетического. На долю РФ приходится, например, 50 % мировых запасов ванадия, 14 % никеля, 12 % алмазов, 33 % природного газа, 18 % угля. Имеющиеся запасы этих видов сырья позволяют обеспечивать потребности производства.

Трудовые ресурсы России в целом достаточны для удовлетворения спроса народного хозяйства на рабочую силу. Однако, население России неуклонно сокращается, происходит его старение, поэтому некоторые регионы (Сибирь, Дальний Восток, Север) могут столкнуться с нехваткой рабочих рук. В целом по качеству рабочей силы, по оценкам международных организаций, Россия отстает от многих других стран мира. Эксперты присваивают России низкие рейтинги по производительности труда среднего рабочего и трудовой дисциплине. Довольно низка в России территориальная мобильность рабочей силы.

Основной капитал – важный фактор экономического роста, с его состоянием и обновлением в РФ имеются серьезные проблемы. Значительно возрос средний срок службы оборудования из-за того, что основные фонды своевременно не обновлялись. Например, средний срок службы оборудования за период с 1990 по 2000 г. увеличился с 10,8 до 18,7 лет при нормальном сроке службы 8-10 лет. В ряде отраслей – нефтепереработке, машиностроении, черной металлургии средний возраст оборудования составляет 22-24 года.

## **Основы управления активами электросетевой компании**

Основными целями деятельности электросетевой компании (ЭСК) является обеспечение надежности, безопасности, живучести и эффективности производственно-технологического процесса по приему, транспорту, преобразованию и распределению электроэнергии.

Повышение эффективности финансово-хозяйственной деятельности (ФХД) – главная цель устойчивого развития ЭСК. Одним из показателей функционирования ЭСК является эффективность управления активами (assets), под которыми подразумевается совокупность движимого и недвижимого, материального и нематериального имущества и прав на него. Юридически это означает, что ЭСК имеет право владения, распоряжения и пользования своим или арендуемым имуществом, а также различными объектами вложения денежных средств.

Оптимизация управления активами (УА), являющихся одной из важнейших составляющих финансового менеджмента (ФМ), позволяет повысить эффективность функционирования ЭСК для получения прибыли. Активы ЭСК представляют собой различные виды экономических ресурсов, используемых в процессе функционирования и осуществления ФХД, и являются объектом экономического управления.

Экономические активы (ресурсы, имущественные ценности) подразделяются на следующие основные виды: контролируемые (используются в процессе осуществления ФХД, имеющие ликвидную рыночную стоимость, находящиеся в процессе постоянного оборота, формируемые за счет инвестиций, возникающие в оценке затрат и потерь) и неконтролируемые (образующие постоянный доход, связанные с фактором риска или фактором времени – амортизация).

Различают следующие виды активов: материальные (основные фонды – здания и сооружения: подстанции, ЛЭП и другое недвижимое имущество, а также земля), финансовые, ликвидные, нематериальные, рискованные, а также интеллектуальные и др.

Проведенная в России капитализация основных активов ЭСК вызвала необходимость разработки и создания методов эффективного управления активами и способов оценки их реальной стоимости.

### **Литература**

1. **Бланк И.А.** Управление активами и капиталом предприятия. – Киев: Ника-Центр. Эльга, 2003. – 448 с.

## **Трактовки гомосексуальности в социологии и психологии раннего конструктивизма**

Сторонники конструктивизма опираются на ряд положений, которые берут свое начало в ранних теориях гомосексуальности XIX века. Во-первых, людям присуще неконцентрированное, ненаправленное половое влечение, которое институциональные образования направляют в соответствующее русло. Следовательно, сексуальное поведение определяется или конструируется той культурой, в которой живет человек. Во-вторых, гомосексуальность следует рассматривать как комплекс, которым при определенных социокультурных условиях может обладать каждый человек. Следовательно, нельзя классифицировать всех людей по типу сексуальной ориентации на гетеро- и гомосексуалов. В-третьих, процесс формирования гомосексуальной идентичности не заканчивается пубертатным периодом, а продолжается в течение всей жизни. В-четвертых, гомосексуальное поведение не следует рассматривать как патологию. В-пятых, гомосексуальность как социальная проблема появилась в XX столетии.

Серьезным прорывом в научном исследовании гомосексуальности и первым опытом ее социологического изучения стало исследование А. Кинзи. На собранном материале он продемонстрировал смешение гетеро- и гомосексуальных практик на протяжении жизни любого человека. С точки зрения исследователя, гомосексуальность следует рассматривать как континуум, на одном полюсе которого находятся исключительно гомосексуальные индивиды, а на другом – исключительно гетеросексуальные. Причем А. Кинзи учитывал в этой шкале как поведение (то есть наличие гомосексуального опыта), так и эмоциональные реакции и воображение, хотя строго не разводил эти составляющие. Идеи А. Кинзи получили развитие в более поздних исследованиях гомосексуальности, в том числе в работах А. Белла, М. Вайнберга и С. Хамерсмит.

Еще одно направление в изучении гомосексуальности в XX столетии, развитие которого также способствовало формированию и утверждению конструктивистского подхода к однополрой любви, касается ее депатологизации с точки зрения психиатрии и психологии. В начале XX века большинство психиатров относили гомосексуальность в разряд отклонений или даже болезней. В середине XX столетия позиции этих ученых резко пошатнулись благодаря работам У. Мастерса и В. Джонсона, а также эксперименту Э. Хукера.

## Основные трактовки эффекта интервьюера

На ответы респондентов оказывают влияние множество факторов, среди которых не последнее место занимает личность интервьюера. Так, например, по мнению американских социологов Ч. Эткина и С. Чаффи, интервьюер выступает одним из сильнейших источников искажения информации [1, р. 69].

Анализируя западные трактовки эффекта интервьюера, можно увидеть сложившиеся и относительно устойчивые подходы к изучению этого феномена. Н. Брэдберн С. Садман полагают, что эффект интервьюера является результатом незапрограммированного поведения людей, проводящих интервью [2, р. 26]. В. Дийкстра, основываясь на результатах своих экспериментов, убедительно показал, что интервьюеры могут в значительной степени изменять ответы респондентов [3, р. 186].

Р. Гроувз и Л. Магилави определяют эффект интервьюера как «тенденцию полученных в исследовании ответов варьировать в зависимости от закрепленных за респондентами интервьюеров», а потому связывает данное понятие с дисперсией интервьюеров [4, р. 251].

В. Дийкстра использует термин «дисперсия интервьюера» для той части общей дисперсии ответов, которая может быть приписана различиям лиц, проводящих интервью. Понятие же «эффект интервьюера», по мнению В. Дийкстры, можно применять для описания той части общей дисперсии опросных переменных, которая возникает из-за влияния на ответы отдельных характеристик интервьюера. Таким образом, «дисперсия интервьюера» оказывается несколько шире понятия «эффект интервьюера» и может возникать под влиянием различного рода случайных факторов, хотя зачастую она является результатом кумулятивного эффекта характеристик интервьюера [3, р. 179]. Иными словами, если в интервью различные интервьюеры получают разные ответы, то увеличивается степень выраженности эффекта социально-демографических характеристик интервьюера.

### Литература

1. **Atkin Ch., Chaffee S.** Instrumental response strategies in interviews // *Public Opinion Quarterly*. 1972. Vol. 36. № 1. P. 69–79.
2. **Bradburn N.M., Sudman S.** Improving interview method and questionnaire design. San Francisco: Jossey-Bass, 1979.
3. **Dijkstra W.** How interviewer variance can bias the results of research on interviewer effects // *Quality and Quantity*. 1983. Vol. 17. № 3. P. 179–187.
4. **Groves R.M., Magilavy L.J.** Measuring and explaining interviewer effects in centralized telephone surveys // *Public Opinion Quarterly*. 1986. Vol. 50. № 2. P. 251–266.



## **Обучение письму на иностранном языке: требование Европейской языковой компетенции**

Европейская интеграция в области образования – объективная реальность. Поскольку Российская Федерация приняла решение о присоединении к Болонскому соглашению, то актуальным стал вопрос о приведении учебных планов российских вузов к единым европейским образовательным стандартам.

В области преподавания иностранных языков в российской методике, к сожалению, до недавнего времени было недостаточное внимание, а подчас и полное отсутствие формирования навыков письменной речи, которая является обязательной языковой компетенцией за рубежом. Обучение навыкам письма даже на филологических факультетах университетов сводилось, как правило, к написанию диктантов, выполнению грамматических упражнений и тренировке орфографии.

Чтобы исправить этот существенный недочет автор статьи несколько лет назад разработала специальный курс «эффективное письмо», который предназначен для специальностей «переводчик в сфере профессиональной коммуникации» и «документоведение и документальное обеспечение управления». Целью этого курса является научить свободно выражать мысли и идеи в письменной форме, следуя определенным правилам организации письменного текста и владея основами композиции.

Обучение письму ведется по нескольким направлениям, поскольку само письменное общение имеет разнообразные формы и цели. Это может быть заполнение анкет, ведение деловой переписки, составление контрактов, написание тезисов научных докладов, отчетов о проделанной работе, общение через Интернет, если речь идет о международной деятельности в области бизнеса или научных контрактов.

Особое внимание уделяется развитию навыков академического письма, то есть написанию эссе в соответствии с требованиями экзаменов международного образца, например TOEFL или GRE. Перед студентами стоит трудная задача выразить свои мысли по поводу той или иной темы образным литературным языком, соблюдая грамматические и лексические нормы, и при этом выполнить требования жесткой структурной организации эссе.

Отметим в заключении, что умение писать на иностранном языке повышает уровень коммуникативной компетенции студентов и дает им возможность интегрироваться в международное сообщество, что поможет преуспеть в будущей карьере.

## **Специфика коммуникативной ситуации телефонного интервью**

Речевая коммуникация в процессе телефонного интервью имеет ряд особенностей по сравнению с коммуникацией персональной. Это накладывает весьма существенный отпечаток на поведение интервьюера и респондента.

Главной и очевидной особенностью коммуникации по телефону является отсутствие визуального контакта собеседников. Иными словами, по телефону можно передать ограниченный набор сигналов, по сравнению с персональной коммуникацией. Это свойство телефона называют «ограниченной канальной способностью» [1, р. 226].

Отсутствие визуальных компонентов коммуникации лишает общающихся информации о некоторых социально значимых характеристиках друг друга (одежда, внешние данные, физические черты). Это снижает предсказуемость возникающих в процессе интервью социальных отношений и усиливает стрессогенность коммуникативной ситуации.

Кроме этого, аудиальный канал коммуникации менее эффективен для передачи психологических состояний участников. В персональной коммуникации интервьюеры могут наблюдать выражаемые респондентами с помощью невербальных сигналов замешательство, неуверенность, недостаточную мотивацию и реагировать на эти сигналы, облегчая поставленную задачу и поддерживая вовлеченность партнера в коммуникативный процесс. Отсутствие невербальных сигналов в телефонном интервью может способствовать меньшей мотивации респондентов к участию в опросе.

Интервьюеры в персональном интервью имеют также возможность наблюдать события, которые могут отвлечь респондента (например, присутствие третьих лиц) и принимать меры по снижению или устранению их влияния.

Указанные особенности коммуникативного процесса, опосредованного телефоном, необходимо учитывать при организации телефонных опросов.

### **Литература**

1. **Groves R.M.** Theories and methods of telephone surveys // *Annual Review of Sociology*. – 1990. – Vol. 16. – P. 221-240.
2. **Frey J.H.** *Survey Research by Telephone*. – Newbury Park: Sage Publication, 1989.
3. **Holbrook A.L.**, Green M.C., Krosnick J.A. Telephone versus face-to-face interviewing of national probability samples with long questionnaires: Comparisons of respondent satisficing and social desirability response bias // *Public Opinion Quarterly*. – 2003. – Vol. 67. – P. 79–125.

## **Евро и доллар: ведущие валюты мира**

Роль доллара и евро в качестве ведущих валют мира в настоящее время является неоспоримой. Но существование двух параллельных валют в длительный исторический период невозможно. Хозяйственные агенты выбирают ту валюту, которая, по их мнению, является более приемлемой. Выбор ведущей валюты определяется: государствами, международными финансовыми институтами и соглашениями, экономической средой (хозяйственными агентами – домохозяйствами и фирмами). Хозяйственная среда может не принять валюту, которую выбрали государства. Известно много примеров, когда значимые валюты, рассматриваемые в качестве мировых, оказались неприемлемыми и были отвергнуты (английский фунт стерлингов в 30-е гг. XX в., крах французского франка в 1971-1974 гг.).

Сильными позициями доллара являются: огромные объемы производства и торговли американской экономики, историческая привычка населения и фирм рассматривать доллар в качестве ведущей валюты мира, сложившиеся рынки, сравнительная стабильность американской экономики, неплохие золотовалютные резервы Федеральной резервной системы США.

Сильные позиции евро – сравнительно молодая «агрессивная» валюта, более благоприятный «институциональный фон» (благоприятная политическая среда, интеграция в ЕЭС и др.), огромный европейский рынок и устойчивые связи бывших метрополий с колониями (Англия, Франция, Германия, Нидерланды, Португалия, Испания), стремление стран и экономических союзов найти альтернативу доллару в качестве ведущей валюты мира.

События сегодняшнего дня – девальвация доллара и стабильность евро, растущий военный бюджет США в связи с военными действиями в Ираке, дефицит бюджета США, интеграция ЕЭС – говорят об ослаблении позиций доллара, но не настолько, чтобы говорить о прекращении его полномочий в качестве главного международного расчетного и платежного средства. В ближайший промежуток времени мы будем свидетелями острой конкурентной борьбы евро и доллара, которая закончится победой одной из них.

## **Женское либеральное движение и государственная политика в сфере организации женского профессионального образования во Франции в XIX в.**

Парадокс системы профессионального женского образования во Франции в XIX в. заключался в том, что доступ к высшему образованию женщины получили еще в 1870 г. на равных с мужчинами основаниях, а проблема организации среднего и низшего профессионального женского образования долгое время оставалась нерешенной.

В течение долгого времени (до 80-х гг. XIX в.) государство не занималось решением этой проблемы, а открытие начальных и средних женских профессиональных школ было инициативой отдельных лиц, благотворительных или церковных организаций.

В ходе реформ 1880-х гг. государство, желая ограничить влияние католической церкви во всех ступенях образования, взяло женское профессиональное образование под свой контроль. Однако наблюдалась гендерная асимметрия как в системе подготовки преподавательских кадров для профессиональных женских школ, так и в системе подготовки учащихся. Исходя из традиционных представлений о мужских и женских ролях, государство при организации обучения в женских профессиональных школах, перенесло акцент с подготовки женщин к профессиональному труду на профессиональную подготовку женщин к семейной жизни. Государственная политика в сфере профессионального женского образования различалась для представительниц низших и средних классов французского общества. Признавая экономическую целесообразность широкого применения труда работниц, государство закрепило для них равную с мужчинами систему получения профессиональной подготовки, а для женщин средних классов, по-прежнему, главной считалась роль матери и жены, поэтому для них система профессионального образования изменена не была.

Оценивая влияние женского движения на государственную политику, можно сделать вывод, что не сложилось широкого либерального женского движения за изменения системы профессионального образования. Это объясняется стратегическими целями либерального женского движения, которое считало приоритетным борьбу за высшее и общее образование, считая, что низшее и среднее профессиональное образования необходимо больше для работниц, чем для представительниц средних классов. Поэтому в этой области представительницы либерального женского движения ограничивались созданием благотворительных обществ, и не предпринимали активных выступлений по воздействию на властные структуры.

УДК 343.97

Т.В. КИСЕЛЕВА, к.социол.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Криминализация подростков: вопрос семейной детерминации**

Негативно сложившиеся семейные отношения образуют одну из главных составляющих в генезисе противоправного поведения. Высокая социально-психологическая и правовая зависимость несовершеннолетних от семьи, предопределяет формирование качеств, которыми они руководствуются в своем повседневном отношении к реальной действительности.

Рассмотрим факторы семейного влияния в процессе формирования преступного поведения несовершеннолетних.

Малолетние преступники проживают в семьях, где практически отсутствует контроль и теплые доверительные отношения между родителями и детьми.

Опрос, проведенный нами в ЦВИНП Ивановской области, подтвердил тот факт, что в семьях правонарушителей зачастую отсутствует целенаправленное воспитание. Родители не способны контролировать детей и удерживать их в рамках правомерного поведения. Здесь наблюдаются устойчивые отрицательные условия жизни, связанные с плохими отношениями между родителями, невыполнением ими родительских обязательств. Это существенно затрудняет формирование общественно полезных взглядов, склонностей, стремлений ребенка.

По данным правоохранительных органов в неблагополучных семьях более 30 % взрослых ведут антиобщественный образ жизни. Проведенное нами исследование показало, что 36,5 % подростков, совершивших правонарушения, проживали в семьях, где уже были ранее судимые. Привитие асоциальных потребностей и стереотипов поведения в криминогенных семьях осуществляется путем передачи личного негативного опыта членами семьи. Высокая конформность подростков способствует перенятию такого опыта.

Но среди малолетних правонарушителей некоторую долю составляют те, кто воспитывается во внешне благополучных семьях, хотя являющихся педагогически несостоятельными. Следовательно, особенности, а порой и недостатки семейного воспитания занимают видное место в системе криминогенных условий.

Однако мы рассмотрели лишь некоторые аспекты семейного воздействия на формирование преступного поведения подростков.

## **Проблемы формирования научного мировоззрения в системе подготовки аспирантов**

Становление идеи единой истории науки – истории научного мировоззрения – относится еще к концу XIX века – ее развивали немецкий математик М.Кантор и французский историк П. Таннери. Эта идея нашла и практическое развитие – в России в начале XX в. В.И.Вернадский составил цикл соответствующих лекций и некоторое время читал их студентам. Актуальность курса общей истории науки в единстве с ее философскими основаниями сейчас осознается ведущими специалистами разных областей научного знания.

Более двух тысячелетий история философии и история науки выступают единой линией интеллектуального прогресса человечества. Вплоть до начала XIX века самые значимые научные теории, не только обнаруживали глубокие философские основания, но даже и назывались философией («Математические начала натуральной философии» И.Ньютона, «Философия зоологии» Ж.-Б.Ламарка и др.).

В 30-е годы XIX века автономизация науки по отношению к другим духовным системам, ее дисциплинарная специализация, а также прогресс научного познания обусловили появление позитивистской модели этого феномена, где была принижена роль философии. Эта позиция позже была преодолена. В конце XIX – начале XX вв. именно плодотворные философские подходы А.Эйнштейна, Н.Бора, В.Гейзенберга и др. позволили науке выйти из состояния парадигмального хаоса и обеспечили построение новой картины мира

История науки есть история научного мировоззрения, изучение которой позволяет приобщиться к целостной системе научных традиций, сформировать широкий профессиональный кругозор. Научное мировоззрение представляет собой систему общенаучных знаний, сформировавшуюся на определенных философских основаниях. История науки есть история идей общечеловеческой значимости, история общих принципов миропознания. Поэтому нельзя ограничиться в подготовке исследователя изучением истории профилирующей дисциплины. Такой подход ориентирует на фрагментарность в представлениях о мире, стимулирует лишь репродуктивную деятельность.

Введение в подготовку аспирантов курса «История и философия науки» – факт в целом позитивный. Решение задачи формирования творческих установок и научного мировоззрения у начинающего исследователя зависит от того, насколько в этом курсе наука предстанет способом освоения мира, развивающимся в комплексе всех отношений системы «человек-мир».

## К проблеме стимулирования труда

Анализ экономической литературы, посвященной трудовой тематике показывает, что проблемы стимулирования труда исследуются с использованием двух рядов базовых понятий. Первый ряд: экономические отношения – потребности – экономические интересы – мотивы – стимулы. Совокупность этих категорий связана с объективно-субъективной основой системы стимулирования.

В литературе существует многообразие подходов, описывающих компоненты цепочки первого ряда. Мы примем за основу следующие положения. Люди вступают в различного рода отношения друг с другом с целью удовлетворения потребностей. Возникновение отношений по поводу удовлетворения потребностей означает возникновение экономических интересов. Потребность обусловлена социально, положением человека в системе экономических отношений. Поэтому интерес есть результат взаимодействия экономических отношений и потребностей. В потребности деятельность человека зависима от ее предметно-общественного содержания, в мотивах эта зависимость проявляется в виде собственной активности субъекта. Под мотивом обычно понимают то, что «изнутри» побуждает человека к действию, тогда как стимулы – это внешние факторы, определяющие мотивы деятельности.

Второй ряд понятий характеризует систему стимулирования: виды стимулирования (моральное, материальное, организационно-административное) – формы организации стимулирования (опережающая, подкрепляющая, индивидуальная, коллективная, позитивная, негативная и т.д.) – методы стимулирования (подразделяются в зависимости от вида стимулирования) – принципы стимулирования (доступности, достаточности, постепенности, подкрепления, сочетания материальных и моральных стимулов, минимизации разрыва между результатом труда и его оплатой, сочетания стимулов и «антистимулов»). Совокупность категорий этого ряда связана с субъективной основой системы стимулирования.

### Литература

1. **Бунич П.Г.** Главное – заинтересовать! – М., 1986.
2. **Виханский О.С.**, Наумов А.И. Менеджмент. – М., 2002.
3. **Воробьева Л.В.** Потребности, интересы, ценности. – М., 1986.
4. **Кочикян В.П.** Политэкономические аспекты стимулирования труда. – М., 1986.
5. **Поварич И.П.**, Прошкин Б.Г. Стимулирование труда: системный подход. – Новосибирск, 1990.
6. **Попова И.М.** Стимулирование трудовой деятельности как способ управления. – Киев, 1976.
7. **Чангли И.И.** Труд. – М., 1973.

## **Перевод с родного языка на иностранный: за и против (на материале перевода технической литературы)**

Вопрос о том, может ли перевод на неродной язык быть качественным, не раз обсуждался в переводоведческой литературе. Большинство авторов согласны с тем, что переводить на иностранный язык труднее, чем на родной. Данная проблема рассматривается на примере перевода технической литературы с русского языка на английский.

Основные причины трудностей следующие: при переводе на «чужой» язык задействуется, в основном, активный словарный запас, который гораздо уже пассивного лексикона, используемого носителем языка; при наличии нескольких синонимичных вариантов перевода одной и той же грамматической конструкции или одного и того же слова русскоязычному переводчику не всегда удастся определить тонкие различия в значениях, границы употребления тех или иных структур и слов.

Данные соображения справедливы, но могут быть в разной степени применимы к различным областям переводческой деятельности. Задача переводчика технической литературы состоит в наиболее точной передаче информации русского оригинала на английском языке с учетом грамматических, лексических и стилистических особенностей английских технических текстов. При этом справиться со стилистическими тонкостями английского языка легче носителю языка, а понять исходный текст – русскоязычному переводчику.

Кроме того, чтобы качественно переводить технические тексты на родной или неродной язык, необходимо хорошо разбираться в заданной тематике. Не любой переводчик-носитель английского языка обладает такими знаниями, поэтому нельзя категорически говорить, что он справится с переводом лучше русскоязычного переводчика, специализирующегося на текстах такого рода.

Таким образом, «языковая» принадлежность переводчика не является решающим фактором, обеспечивающим качество перевода технической литературы. Большее значение здесь имеют лингвистическая компетенция переводчика и его знания в данной области науки и техники.

### **Литература**

1. **Климзо Б.Н.** Ремесло технического переводчика. – М.: П.Валент, 2006.
2. **Пороховник Л.Н.** Специфика перевода с русского языка на иностранный. – <http://www.norma-tm.ru/article5.html>



УДК 008

А. МАТРОСОВ, студент, С.П. БОБРОВА, д.филос.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Синкретизм и космополитизм в постсоветской культуре России и их параллели в эпоху эллинизма**

Синкретизм характерен в первую очередь для ранних обществ. Но свое ново рождение он переживал и в поздние исторические эпохи (эллинизм, период модерна и постмодернизма, в том числе и в современной российской жизни и культуре). Первый взлет синкретизма приходится на эпоху эллинизма, когда смешиваются совершенно разные культурные модели мира. Утрачивается связь гражданина с полисом (гражданской общиной). Все это наряду с широким общением между собой представителей разных народностей определило появление идеологии космополитизма и индивидуализма. Подобная картина на наш взгляд наблюдалась и в постсоветской России, и ее культуре особенно в первый период после крушения СССР, как полиса, с его коллективистскими принципами и идеями равенства и братства. Бывшие советские граждане превратились в космополитов. Падение СССР, привело его бывших граждан к поиску новых нравственных идеалов. Оказалось, что для них идеалы жизни и культуры Запада более привлекательны. Как своеобразная реакция на разрушение гражданских связей в постсоветской России стали возникать многочисленные сообщества, в большей степени религиозные. Большое распространение получают неофициальные религии и секты. Также широкое распространение получают древние формы духовной жизни, такие как магия, вера в астрологию, талисманы, заклинания и т.п. Вновь зарождается синкретическая психология, которая находит выражение в современной российской культуре. Появляются образы, которые формируют миф о полной свободе и космическом единстве с миром стихий и «тонких энергий». Художник создает мир, в котором запечатлевает первоначала, находящиеся вне разума и безумия, вне культуры и дикости, смысла и бессмыслицы. Это отпечатки высших состояний души и глубинных прозрений в суть бытия выражаемые синкретично. В результате формируется культура иного способа восприятия и переживания жизни, где перемешаны и слиты добро и зло, жизнь и смерть, реальность и фикция и другие различия, которые выглядят несущественными. Это проявилось в постмодернизме России. Налицо трагические прозрения судьбы человека как песчинки в хаосе событий, отсюда объясняется появление эстетически притягательных, религиозно окрашенных путешествий в миры мистицизма и трансцендентных озарений свойственных и постсоветскому культурному пространству и эллинистическому космополитизму.

## Безработица и самоубийства: проблема взаимосвязи

В современной социологии безработица традиционно считается одним из важнейших факторов самоубийств. По данным Д. Эштона, однопроцентное увеличение числа безработных результируется в усилении суицидальной активности на 4,1% (см.: [1, с. 90]). Между тем эти данные отражают западную модель суицидальности, в российской же социологии указанная проблема практически не изучалась.

Зависимость между суицидальной активностью и уровнем безработицы анализировалась нами на материалах официальной статистики Ивановской области за 1997–2004 гг. Погодичные распределения указанных переменных представлены в таблице.

Таблица. **Динамика завершенных самоубийств и безработицы в Ивановской области, 1997–2004 гг., абс. числа к %**

Переменные	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Самоубийства, абс. числа*	646	650	735	671	642	618	524	462
Уровень безработицы, %**	16,9	18,6	17,5	10,1	5,6	6,8	6,6	4,6

\* Данные Ивановского областного бюро судебно-медицинской экспертизы.

\*\* Источник: [2, с. 140–148].

Поскольку обе интересующие нас переменные имеют количественную природу и измерены в абсолютных шкалах (которые одновременно могут рассматриваться и как ординальные), для установления тесноты взаимосвязи между ними мы использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Проведенные расчеты показали, что  $R_s$  в данном случае имеет положительный знак и составляет 0,81 для  $p \leq 0,05$ . Это означает, что между уровнем суицидальности и безработицей существует прямая и статистически значимая связь: увеличение числа безработных сопровождается ростом смертности от самоубийств.

Вместе с тем существование тесной корреляционной зависимости еще не означает наличия прямой причинно-следственной связи между исследуемыми переменными. Вывод в том, что уровень безработицы является безошибочным предиктором самоубийств, напрямую не вытекает из полученных данных, однако он и не противоречит тестированной нами статистической модели.

### Литература

1. **Давыдов А.А.** Модульный анализ и конструирование социума. – М.: ИС РАН, 1994.
2. **Российский** статистический ежегодник. 2005: Стат. сб. – М.: Росстат, 2006.

## **Программа формирования безопасного здоровьесберегающего вузовского пространства как насущная проблема образования**

В национальной Доктрине развития образования и в Федеральной программе развития образования в качестве ведущих выделяются задачи сохранения здоровья, разработки здоровьесберегающих технологий обучения и формирования ценности здоровья.

Однако в настоящее время именно образование, несмотря на декларируемую его «гуманизацию», становится все опаснее для здоровья учащихся во всех звеньях образовательной системы от дошкольного до вузовского. В связи с этим особенно остро стоит проблема компетентной экспертизы образовательного процесса с позиций здоровьесозидающей педагогики, т.е. формирования безопасного здоровьесберегающего образовательного пространства во всем многообразии его проявления.

Вуз отличается своими особенностями организации, материальным и кадровым обеспечением образовательного процесса, социальными условиями, местоположения и т.д. Поэтому особенно важно создание соответствующей программы, главной целью которой являлось бы здоровье студентов.

Задачи программы: придание всему образовательному процессу индивидуально ориентированного характера с целью полной самореализации личностного потенциала студентов; повышение уровня здоровья студентов; воспитание культуры здоровья студентов; повышение валеологической компетентности преподавателей; валеологическая экспертиза и придание образовательному процессу безопасного и здоровьесберегающего характера; создание условий в вузе для обеспечения здоровья и безопасности студентов и преподавателей.

Не может быть типовой программы, пригодной для любого вуза, тем не менее, существуют определенные общие положения, которым должна соответствовать программа формирования безопасной здоровьесберегающей образовательной среды. На наш взгляд, основными ее разделами должны быть следующие: *валеологическое образование студентов*, направленное на воспитание у них ответственности за собственное здоровье и на обучение основам здоровой и безопасной жизнедеятельности; *создание валеологического пространства вуза*; *валеологический мониторинг*; *обеспечение здоровья преподавателей*.

Следует отметить, что формирование здоровьесберегающего пространства вуза представляет собой целостную системную работу, при которой исключение любого из приведенных выше аспектов делает невозможным ее полноценное достижение.

## Население как фактор развития экономики

Население выступает одновременно как субъект и объект экономических отношений, цель общественного прогресса. Развитие населения и экономические процессы тесно взаимосвязаны. С одной стороны в экономике люди действуют в качестве активного субъекта производства, с другой – оказываются под влиянием созданных ими социально-экономических условий. В результате население и экономика составляют единство, в котором выделяются две линии взаимодействия: «экономика – население» и «население – экономика». Взаимодействие по линии «население – экономика» – это влияние демографических процессов на экономическое и социальное развитие. В частности, численность, динамика и структура населения существенно влияют на экономический рост, который в свою очередь выступает необходимым условием функционирования населения и улучшения его качества. В ходе демографических процессов меняется профессиональный, социальный и образовательный состав населения и другие характеристики. Таким образом, на экономическое развитие влияет и количественная и качественная сторона воспроизводства населения, например, рост или уменьшение доли населения с более высоким образованием. Большое значение имеют изменения возрастной структуры населения, определяющей трудовой потенциал страны.

По отношению к экономике население одновременно выступает как производитель и потребитель. Выполняя производственную функцию, оно является экономическим ресурсом, одним из необходимых факторов общественного производства. Вместе с тем население – потребитель материальных и духовных благ, конечная цель их производства. В связи с этим рост населения означает не только увеличение потребительского спроса, но и рост зависимости от разных факторов структуры этого спроса. Социальная структура населения оказывает большое влияние на эффективность экономики. Так, семейный состав населения, число детей в семьях определяют степень экономической активности женщин. Особенности возрастной структуры населения определяют специфику распределения национального дохода, поскольку уровень потребления разных возрастных групп не одинаков. Механизм влияния процессов воспроизводства населения на экономическое развитие сложен. Взаимосвязь между экономическими и демографическими процессами обуславливает необходимость оптимального соотношения между ними.

### Литература

1. **Демография** / под ред. Д.И. Валентя. – М., 1997. – С.116-151.
2. **Демография**: Учебник / под ред. Н.А. Волгина. – М., 2003. – С. 34-71.
3. **Зверева Н.В.**, Веселкова И.Н., Елизаров В.В. Основы демографии / Н.В. Зверева. – М., 2004. – С. 187-306.

## **Исполнительная власть как один из акторов процесса взаимодействия бизнеса и власти**

С самого начала российских реформ региональные элиты претендовали на особую роль в общественно-политической жизни страны. Первоначально регионам и их лидерам не хватало политических прав, но когда они были отвоеваны, стало понятно, что регионам не хватает собственных финансовых, экономических и интеллектуальных ресурсов. Более того, между различными субъектами Федерации сохранялось беспрецедентное неравенство, делающее их интересы порой несовместимыми. Некоторые регионы боролись за сохранение имеющихся привилегий, а другие – за их приобретение [1].

Отсутствие независимой научной экспертизы применительно к Ивановской области и любому другому слабо развитому региону России явилось основным стимулом проведения в нем социологического исследования. Автор полагает, что изучение на примере Ивановской области процессов становления новой власти, экономических и политических элит, элементов гражданского общества может быть применено для анализа схожих явлений в других регионах России.

С приходом в область нового губернатора Михаила Меня и его команды политическая ситуация региона имеет тенденцию к стабилизации, однако её пока нельзя назвать устойчивой.

Первые месяцы работы Правительства Ивановской области во главе с губернатором показали, что команда принимает решения оперативно и менее публично, нежели предыдущая власть. Местные предприниматели впервые за последнее время оказались без достаточно сильного лобби в администрации области. Власть располагает своими ресурсами влияния, потенциал которых меняется, но не настолько, чтобы перестраивать сложившуюся модель отношений полностью. Полученные в ходе исследования оценки представителей элитных групп и региональных экспертов позволяют говорить о том, что ресурсы влияния власти на экономическую ситуацию и основных экономических акторов – не есть постоянная величина. Они весьма ситуативны, что позволяет некоторым респондентам оценивать их как уменьшающиеся, или наоборот – как увеличивающиеся. Однако большинство оценок свидетельствует о том, что при всех происходящих переменах ресурсы региональной власти, и, прежде всего, губернаторской, не стоит недооценивать.

### **Литература**

1. Крыштановская О. Анатомия российской элиты. – М.: Захаров, 2005. – С. 233.

## **Дистанционное обучение: особенности работы педагога**

Традиционное обучение за последние десятилетия претерпело значительные изменения. Эволюция системы обучения была вызвана использованием технических средств, электронно-вычислительных машин, персональных компьютеров и глобальных информационных сетей, что позволило автоматизировать процесс обучения.

Быстрое развитие компьютерных телекоммуникаций и информационных систем привело к появлению новых педагогических технологий, одной из которых является дистанционное обучение (далее ДО).

О ДО много спорят, пытаясь определить его место в системе образования и место в нем преподавателя. Точки зрения по поводу этого вопроса противоположны: от абсолютизации ДО как новой универсальной формы образования, способной сменить традиционную, до сведения к набору средств и методов передачи учебной информации. От традиционного очного обучения ДО отличается отсутствием непосредственного контакта преподавателя и обучаемого. Поэтому ряд авторов понимают разновидность заочного обучения. Другие авторы считают, что нельзя сводить ДО к заочному обучению, т.к. ДО предполагает общение преподавателя и обучаемого по телекоммуникационным каналам. ДО сочетает в себе элементы классического образования и многие элементы виртуальной образовательной среды.

Педагогический опыт свидетельствует о том, что полноценное образование может быть получено лишь при диалоге педагога и обучаемого. Доступность педагога, например, позволяет обучаемому оперативно получать помощь, без которой дальнейшее усвоение материала затруднительно. Особенностью педагогической работы в условиях ДО является достижение максимальной доступности педагога для обучаемого. Для решения этой проблемы в условиях ДО используются самые современные информационно-коммуникационные технологии.

В системе ДО педагог становится консультантом и называется тьютором. Контакт с ним осуществляется с помощью индивидуальной переписки по электронной почте. Кроме того, проводится консультационная помощь при решении проблемных вопросов в рамках учебного плана, текущие и рубежные контрольные мероприятия.

ДО по своему характеру является комплексной формой обучения, поэтому тьютор при выполнении своей роли должен быть компетентен в нескольких областях: в своей предметной области, в современных активных методах обучения, в Интернет-технологиях, в вопросах организации и управления дистанционных курсов. Участие преподавателя-тьютора должно быть заложено во всем учебном процессе.

УДК 620.9 (470.315) (09)

А.С. СИРОТКИН, к.и.н., ст. преподаватель,  
Е.А. КОРОЛЬКОВ, студент  
(ИГЭУ)

## **Участие преподавателей и сотрудников инженерно-механического факультета ИВПИ в реализации плана ГОЭЛРО**

Со времени своего основания Иваново-Вознесенский Политехнический Институт имел в своем преподавательском корпусе опытных инженеров, настоящих профессионалов с большим опытом работы на производстве. Тем более, что в начале деятельности института многие из предприятий иваново-вознесенской губернии простаивали, и специалисты не находили себе применения в промышленности. Они переходили на работу в органы Губисполкома, Губернского совета народного хозяйства (ГСНХ) или пополняли кадры ИВПИ.

Так, перешли на работу в институт А. А. Борнеман, инженер-механик, в течение 16 лет занимавший должность главного механика Родниковской мануфактуры, впоследствии декан инженерно-механического факультета; Н.А. Рябчиков, электротехник, работавший на предприятиях Петрограда и Иваново-Вознесенска; И.М. Фалеев – заведующий Иваново-Вознесенской конторой «Всеобщей компании электричества» (1911-1919 гг.); В.К. Лавров, заведующий механико-строительным отделом Родниковской мануфактуры, и ряд других специалистов.

Практически все из перечисленных инженеров совмещали работу в вузе с работой на производстве (в текстильном тресте или органах ГСНХ). В первые годы существования института в краевом центре представители инженерно-механического факультета не находили применения своих специальных знаний. Однако с 1920 года, когда начали намечаться новые пути экономического развития республики, центральные и местные госучреждения стали привлекать технические силы института к организационной работе.

Одним из важных аспектов здесь стало участие преподавателей ИВПИ в деятельности комиссий по электрификации губернии – в 1921 г. и 1925-26 гг. В составе комиссии по электрификации при Иваново-Вознесенском Губплане, работавшей в 1925-26 гг. половину составляли представители ИВПИ, а общетехническая подкомиссия почти целиком состояла из сотрудников института. Они проводили расчет линий электропередач, исследования торфяных болот, подсчеты потребной мощности промышленности края. Таким образом, план электрификации Иваново-Вознесенской губернии 1926 г., который лег в основу работ по строительству ИВГРЭС и ИвТЭЦ-1, во многом стал заслугой преподавателей инженерно-механического факультета.

## Динамика незавершенных самоубийств в г. Иваново

Актуальность изучаемой проблематики определяется общемировой тенденцией к росту числа самоубийств и необходимостью всестороннего изучения суицидального поведения.

В целях изучения способов самодеструктивного поведения нами были проанализированы материалы Ивановской городской станции «Скорой помощи», представляющие собой статистику экстренных вызовов в связи с попытками самоубийств, совершенных в областном центре в период с марта 2000 г. по декабрь 2005 г. В общей сложности в городе было совершено 3177 попыток самоубийств. Более половины всех зарегистрированных в обследованный период суицидальных покушений – 1621 (51 %) – были совершены молодыми людьми в возрасте от 14 до 29 лет, 1528 (48,1 %) – представителями старших возрастных категорий и 28 (0,9 %) – детьми и подростками, не достигшими 14-летнего возраста. Среди лиц, пытавшихся покончить с собой, 51,3 % (1630 чел.) составляют мужчины и 48,7 % (1547 чел.) – женщины.

Таблица. Коэффициенты незавершенных самоубийств для мужчин и женщин по возрастным группам в пересчете на 100 тыс. населения г. Иваново, 2000–2005 гг.

Годы	По городу в целом*			Молодежь (11–29 лет)			Старшие (30–90лет)		
	Всего	Муж.	Жен.	Всего	Муж.	Жен.	Всего	Муж.	Жен.
2000	124,9	152,8	103,6	201,0	197,9	203,4	89,5	127,4	63,4
2001	144,4	166,3	128,1	230,0	228,7	231,3	104,4	130,1	86,6
2002	140,9	157,4	128,1	232,4	223,8	240,8	98,0	120,0	82,8
2003	139,3	159,2	124,0	219,5	210,7	228,1	101,7	130,1	82,2
2004	151,8	196,3	117,7	259,1	281,6	237,7	102,6	148,7	71,0
2005	138,5	160,9	121,4	231,0	236,3	225,8	96,1	118,8	80,6
Ср. инд	139,3	164,4	119,9	226,5	227,5	225,4	98,4	132,2	77,7

\* Использованы статистические данные для возрастной группы от 11 до 90 лет.

Данные таблицы показывают, что по молодежной группе прирост в 2004 г. по сравнению с 2000 г. составил 25 %, по детям и подросткам – 210 %, среди лиц старших возрастов темпы роста суицидальности значительно ниже (13,6 %). Следовательно, наблюдается стремительный рост попыток самоубийств среди молодежи. Молодые мужчины и женщины совершают попытки самоубийства примерно с одинаковой частотой (49,9 % и 50,1 % соответственно). Полученные нами результаты, таким образом, не подтверждают часто высказываемое в литературе мнение о том, что женщины, особенно молодого возраста, покушаются на свою жизнь значительно чаще, чем мужчины.



## **Определение риска в характеристике молодежи как особой социальной группы**

Исследование социальных проблем молодежи с точки зрения рискологии предполагает рассмотрение социологического содержания понятия фактора риска в жизнедеятельности данной группы. В этом смысле под фактором риска может пониматься риск как социальная детерминанта, определяющая направленность и характер развития молодежи как социальной группы.

При анализе существующих дефиниций риска следует уточнить общие для большинства из них условия, каждое из которых вносит свой вклад в формирование различных характеристик риска и определение концептуальных представлений о его сущности. В качестве таковых выступают: наличие неопределенности; необходимость выбора альтернативы; возможность оценивать вероятность осуществления выбираемой альтернативы; нравственная оценка результатов.

Перечисленные условия позволяют не только исследовать риск в качестве фактора социального развития молодежи, но и определить его особенности в расширенном аспекте. Это касается, прежде всего, тех обстоятельств, которые указывают на то, что во-первых, рискованная деятельность происходит не условиях неопределенности, а в процессе перехода от неопределенности к определенности или при переходе от определенности к неопределенности; во-вторых, появление выбора возникает при оценке вероятности достижения результата, а не наоборот, и, в-третьих, становится очевидным, что выбор не будет свободен от нравственных критериев достижения результата.

С учетом этих особенностей и наличия двух составляющих риска: объективной или средовой как условия жизнедеятельности и субъективной как особого рода деятельности, данное определение может наиболее адекватно отражать специфику риска с учетом всех социальных характеристик молодежи. Раскрытие этих характеристик показывает, что испытывать риск для молодежи означает, с одной стороны, стать объектом влияния макросоциологических явлений, развивающихся вне деятельного участия молодых людей. С другой – провоцировать риски посредством собственной деятельности, направленной на реализацию социальных притязаний.

## **К вопросу оценки качества тепловой энергии в договоре энергоснабжения**

Условие о качестве энергии отнесено Гражданским кодексом Российской Федерации (ГК РФ) к существенным условиям договора энергоснабжения. Такой договор не может считаться заключенным до тех пор, пока сторонами не будет достигнуто соглашение о качестве подаваемой энергии.

Качество подаваемой энергоснабжающей организацией энергии, в соответствии с ч. 1 ст. 542 ГК РФ, должно соответствовать требованиям, установленным государственными стандартами и иными обязательными правилами или предусмотренным договором энергоснабжения.

Зафиксированные в договоре нормативы качества энергии дают возможность потребителю осуществлять в полной мере свои права, предоставляемые ему ГК РФ. В случае нарушения энергоснабжающей организацией требований, предъявляемых к качеству энергии, абонент вправе отказаться от оплаты такой энергии. Кроме того, абонент имеет право на возмещение как реального ущерба, вызванного подачей энергии ненадлежащего качества, так и размера упущенной выгоды.

Если нормы качества электрической энергии давно уже обоснованы и не вызывают серьезных возражений, то проблема оценки качества тепловой энергии существует до настоящего времени.

Качество получаемой потребителем тепловой энергии предлагается оценивать через факторы, определяющие величину экономического ущерба от подачи энергии ненадлежащего качества. К таким факторам можно отнести: параметры подаваемого теплоносителя (температура, давление) и показатели надежности энергоснабжения (коэффициент готовности, вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, среднее время восстановления).

УДК 140.033

А.В. СЛЫШАЛОВ, врач-психофизиолог, В.К. СЛЫШАЛОВ, д.т.н., профессор  
(ГОУ ВПО «Ивановская государственная медицинская академия»)

## Эффективность психофизиологического отбора персонала

Для уточнения эффективности проводимых мероприятий по психофизиологическому отбору на должности, нами проведен сравнительный анализ динамики за 10 лет уровней суцидов (самоубийств) среди населения Российской Федерации и лиц, отбираемых на должности методами профессионального психофизиологического отбора.

**Таблица динамики показателей случаев суцида**

Годы	Уровень суцидов среди лиц, успешно прошедших психофизиологический отбор (на 100 тыс.)	Уровень суцидов среди населения РФ (на 100 тыс.)	Соотношение уровней суцидов среди лиц, успешно прошедших психофизиологический отбор и населения РФ
1996	26	39	0,67
1997	32	38	0,84
1998	26	42	0,62
1999	29	43	0,67
2000	26	39	0,67
2001	22	40	0,55
2002	24	39	0,62
2003	18	36	0,50
2004	21	34	0,61
2005	19	35	0,54

Уровнем расцениваемой Всемирной организацией здравоохранения как критический считается более 20 случаев на 100 тыс.

Как видно из таблицы показатель случаев суцидов среди населения Российской Федерации имеет определенную стабильность на достаточно высоком уровне: в последние годы он почти в 2 раза выше, чем среди лиц, успешно прошедших психофизиологический отбор перед приемом на работу.

УДК 140.033

А.В. СЛЫШАЛОВ, врач-психофизиолог, В.К. СЛЫШАЛОВ, д.т.н., профессор  
(ГОУ ВПО «Ивановская государственная медицинская академия»)

## **Современные проблемы подбора персонала**

По данным клинико-эпидемиологических исследований на территории бывшего СССР распространенность нервно-психических заболеваний составляет 284 случая на 1 тысячу населения. То есть 25-30 % жителей страдает той или иной формой психической патологии, среди которой преобладают пограничные нервно-психические расстройства – неврозы, психопатии, умственное недоразвитие.

На сегодняшний день, по темпам роста распространенности заболеваний, в стране на первое место выходит наркомания. По данным социологических исследований общее число тех, кто пробовал наркотики, составляет до 1/3 городского населения: 60 % из них – лица в возрасте от 18 до 30 лет, 20 % – школьники. Средний возраст приобщения к наркотикам 15-17 лет. Резко выросло число лиц, потребляющих «тяжелые» наркотики.

Не менее остро стоит проблема алкоголизма и пьянства, индикатором распространенности которых является увеличение алкогольных психозов с 1991 года в 3 раза. Смертность от отравлений алкогольными напитками и их суррогатами за этот же период возросла в 2,3 раза. По самым оптимистичным оценкам медицинских экспертов в стране не менее 3 млн. лиц, страдающих хроническим алкоголизмом, а число злоупотребляющих спиртными напитками значительно больше.

В начале 90-х годов в стране проведены мероприятия по изменению порядка учета и диспансерного наблюдения психических больных. Около 2 млн человек сняты с учета и теперь в соответствии с законом «О психиатрической помощи...» в диспансерах числятся лишь социально-опасные психически больные и добровольно обратившиеся люди. В настоящее время не более 25-30 % больных нервно-психическими заболеваниями, хроническим алкоголизмом и наркоманией зарегистрировано в учреждениях здравоохранения.

Неучтенные, а также лица еще не больные, но с аддиктивными формами поведения (злоупотребляющие алкоголем, наркотическими и токсическими средствами), могут быть потенциальными кандидатами на работу.

Решение данной проблемы видится в проведение психофизиологического отбора персонала.

По результатам проводимого нами психофизиологического отбора можно констатировать, что доля лиц не пригодных для предполагаемой профессиональной деятельности составляет от 30 до 40 процентов от общего числа кандидатов на должности.

УДК 140.033

А.В. СЛЫШАЛОВ, врач-психофизиолог, В.К. СЛЫШАЛОВ, д.т.н., профессор  
(ГОУ ВПО «Ивановская государственная медицинская академия»)

## **Опрос с использованием полиграфа как один из методов психофизиологического отбора персонала для работы в экстремальных условиях**

Закон Российской Федерации «Об оперативно-розыскной деятельности», вступивший в силу летом 1992 года, сыграл определяющую роль в развитии метода проверок на полиграфе в России, по юридической терминологии, опроса с использованием полиграфа. В соответствии с этим законом весной 1993 года Генеральная прокуратура и министерство юстиции России одобрили применение опросов с помощью полиграфа органами федеральной службы безопасности. Годом позднее опросы с использованием полиграфа были официально введены в систему методов и средств отечественной криминалистики. Со временем проверки на полиграфе официально были допущены к использованию в органах МВД и ФСНП России. С 1993 года этот метод активно осваивают отечественные предприниматели, применяя его для защиты своих интересов, коммерческой и банковской тайны. Так в Москве крупные частные фирмы, проводят до 6–8 тысяч проверок в год, причем все они связаны с работой своего персонала (прием на работу, повышение по службе, проведение служебных расследований). По данным обследования 625 крупнейших структур различных штатов США, от 25 до 58 процентов кандидатов признаны непригодными для работы после тестовых опросов на полиграфе. Все они прошли соответствующие обычные анкетные проверки, но как оказалось, они в прошлом совершали те или иные преступления: кражи, грабежи, взяточничество, употребление наркотиков, незаконное злоупотребление служебным положением, и так далее.

Последние годы успешно развивается новое направление – использование полиграфа при подборе кадров в профессиях повышенного риска. Эмоциональная устойчивость особенно важна для сотрудников, работающих в экстремальных условиях. Отсутствие необходимого уровня устойчивости к стрессовым факторам в экстремальных условиях, может явиться причиной мало эффективной деятельности человека, даже при высоком уровне его мотивации.

В связи с вышеизложенным, при профессиональном отборе кандидатов для работы в экстремальных условиях, нами проводилось три типа полиграфных проверок. Скрининговые – на выявление факторов риска, неблагоприятных для будущей профессиональной деятельности, оценка эмоциональной устойчивости и проверка мотивации к предстоящей деятельности.

## Методический подход качественной оценки эффективности инженерных решений

Экономической наукой и практикой наработан значительный арсенал методов нормирования инженерного труда (на основе затратного подхода) с целью оптимизации затрат рабочего времени инженера, но при этом уделяется мало внимания качественной оценке эффективности инженерных решений. На практике значительное количество затраченного времени не всегда приводит к эффективному инженерному решению, а иногда инженерное решение, принятое в условиях ограниченности времени, в экстремальных условиях приносит большой экономический эффект. В связи с этим обстоятельством мы сосредоточим внимание на методическом подходе к качественному определению эффективности инженерного решения на примере труда инженеров-конструкторов.

На ряде предприятий нами были проведены расчеты эффективности инженерных решений конструкторов с использованием коэффициента качества. При содействии опытных инженеров нами были выявлены возможные ошибки при разработке технической документации и классифицированы по четырем категориям в зависимости от сложности и потенциального влияния на конечные результаты производства. К 1-й категории были отнесены ошибки, приводящие к непоправимому браку деталей, узлов, изделий или документов, ко 2-й – ошибки, приводящие к исправимому браку, к 3-й – ошибки, вызывающие задержки в производстве (несоблюдение технических условий, отступления от стандартов) и к 4-й – ошибки, связанные с нарушением оформления чертежной документации. Было принято решение, что техническую документацию, в которой допущены ошибки 1-й и 2-й категорий, будут возвращать исполнителю на доработку. С первого предъявления может быть принята документация при минимальном числе ошибок 3-й и 4-й категорий. Однако при четырех ошибках 4-й категории или двух ошибках 3-й категории (на принятом формате), которые приравниваются к одной ошибке 1-й или 2-й категории, всю документацию нужно возвращать на доработку.

Применение такого подхода на практике позволило нам вывести уравнение регрессионной зависимости для определения эффективности труда инженера-конструктора с учетом качества его труда; уравнение имеет вид:

$$K_k = (N_6 + 0,5D_3 + 0,25D_4) / N_0,$$

где  $K_k$  – коэффициент качества,  $N_6$  – количество листов чертежей принятого формата, возвращенных на исправление;  $D_3, D_4$  – количество ошибок 3-й и 4-й категорий;  $N_0$  – общее количество чертежей, предъявленных исполнителем.

УДК 008

С.Д. ТУПИЦИН, студент, С.П. БОБРОВА, д.филос.н., профессор  
(ИГЭУ)

## Мифологемы и архетипы в постмодернизме

Важное место в структуре любой культуры занимают архетипы. Понятие архетипа является неотъемлемым коррелятом идеи коллективного бессознательного и указывает на существование в душе определенных форм, которые имеются всегда и везде. Исследования по мифологии обозначают их как «мотивы»; в психологии первобытных племен им соответствуют «коллективные представления» Леви-Брюля, а в области современного религиоведения они были определены Юбером и Моссом как «категории воображения». Адольф Бастиан уже давно называл их «элементарными» или «примордиальными мыслями».

Громадную роль архетипы играют в понимании и сегодняшних культурных явлений. У Юнга архетип означал первичные схемы образов, воспроизводимые человеком бессознательно и активизирующие воображение, а поэтому проявляющиеся в мифах, религиях, произведениях искусства. Своим содержанием архетипы наполняются в тот момент, когда из глубин подсознания они проникают в сознание человека. Архетипы наследуются и находятся в глубинном уровне нашей психики.

Во все времена культурная память людей отражает реальность через призму наследуемых архетипов. Поэтому они присутствуют во всех культурах: первобытной, восточной, средневековой, античной, современной культуре постмодернизма, причем у всех народов земли.

В современной культурологии архетип обозначает наиболее общие, фундаментальные мотивы изначальных схем представлений, лежащих в основе любых художественных структур. На их основе сохраняется культурная картина мира, в которой меняется только оболочка и содержание, хотя сама структурная модель транслируется через века и пространства.

Сказанное выше хотелось бы продемонстрировать на примере чисто современного направления в литературе и кинематографе – фэнтези. В нем наиболее ярко проявились архетипы Юнга, которые сформировали особый мифологический мир. Это псевдореальность, псевдомир, который для многих с успехом мог бы заменить постсоветскую реальность и не только её. Архетипы не поддаются рациональному осмыслению, а наоборот отключают в нашем сознании разум и владеют эмоциями и переживаниями. Они затягивают нас в это виртуальное пространство. Следовательно, мифологическая модель мира и в рациональных постиндустриальных цивилизациях электронного века не умрет. Она является способом психологической адаптации.

## **О повышении качества образования: инновационные методы преподавания иностранного языка в неязыковом вузе**

В современных условиях большое значение придается конкурентоспособности образования, повышению его качества. Это предполагает, что система образования должна непрерывно обновляться, учитывая меняющиеся потребности непланового рынка труда. Поэтому вузы доказывают свою состоятельность, предлагая высококачественные учебные программы, способные удовлетворить студентов, общество и рынок труда.

Снижение качества высшего образования обусловлено целым рядом причин: недостаточным государственным финансированием системы образования в целом, свертыванием научно-исследовательской деятельности, старением профессорско-преподавательского состава, оттоком наиболее квалифицированных и перспективных кадров в другие сферы и др. Все это отрицательно сказывается на качестве образования.

Под термином «качество образования», мы понимаем качество результата образовательного процесса, то есть уровень квалификации выпускаемых специалистов, а также основные характеристики системы обеспечения этого качества: уровень подготовки абитуриентов, преподавательских кадров, информационно-методическое и материально-техническое обеспечение качества подготовки, научная деятельность, а также активное использование инновационных образовательных технологий.

В педагогической интерпретации, как правило, под инновационными методами подразумевают нововведения в преподавании, осуществляемые в системе собственных ресурсов и соответствующие конкретным целям и задачам образовательного процесса. Именно вопрос о внедрении инновационных методов преподавания английского языка в неязыковом вузе для специальности «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» и рассматривается в данном выступлении.



## **Управление финансовыми ресурсами банка в условиях смешанной системы ограничений**

Управление финансовыми ресурсами банка сопряжено с определенными трудностями, обусловленными сложностью банка как системы. Это проявляется во влиянии внешней среды, стохастичности, многокритериальности, динамичности и ряде других системных характеристик.

Влияние внешней среды на управление финансовыми ресурсами банка связано с действием внешних, в той или иной мере неподконтрольных банку факторов, таких, как макроэкономическая ситуация, финансовые рынки, регулирующие органы, действие банков-конкурентов и др.

Управление финансовыми ресурсами банка происходит в условиях сложной системы ограничений, включающей смешанные ограничения, что ограничивает применение подобного подхода. Смешанный характер ограничений, т.е. наличие ограничений, как на управление, так и на состояние, не позволяет решать задачу относительно только одного из них. При решении задачи относительно и управления, и состояний, необходимо учитывать связь между ними, устанавливаемую уравнениями динамики. Такая связь является ограничениями, которые связывают управление и состояния в разные моменты времени. Кроме них управление и состояния в разные моменты времени связывают и другие ограничения, в частности те, в которых присутствуют обязательные резервы или наличность, а также ограничения на некоторые нормативы ликвидности. Негеометрический характер данных ограничений делает невозможным последовательное по времени решение задачи (пошаговое или в сечениях). Как правило, значительная размерность динамических моделей не позволяет записать решение в явном виде. В результате, необходимо применение нестандартных методов решения задач с учётом изменений в активах и пассивах банка с точки зрения сумм, процентных ставок и сроков привлечения и размещения с учетом приведенных выше системных характеристик.

### **Литература**

1. **Бабичева Ю.А.** Банковское дело: Справочное пособие. – М.: Экономика, 1993.
2. **Гурман В.И.** Вырожденные задачи оптимального управления. – М.: Дело, 2004.
3. **Егорова Н.Е., Смупов А.М.** Предприятия и банки: Взаимодействие, экономический анализ, моделирование: Учеб. пособие. – М.: Дело, 2002.

## **Механизм управления инновационными процессами на предприятиях промышленности**

Из приоритетных направлений стратегии инновационного развития предприятия следует выделить: создание новых рынков и новых продуктов; обеспечение вхождения предприятия в современную информационную среду; создание систем управления качеством на предприятии.

Успешность процесса стратегического планирования обеспечивают следующие совокупные признаки и требования: ориентация на будущее и сосредоточение усилий на ожидаемом будущем; полный анализ прогнозируемых тенденций и сценариев возможных альтернативных будущих процессов, а также внутренних и внешних условий работы организации.

Субъекты инновационной деятельности выступают потребителями и производителями интеллектуальной продукции (ИП). Поскольку объекты ИП отличаются новизной и носят индивидуальный характер, на них невозможно установить цены, привязанные к величине общественных затрат на создание новшества. Для определения базовой цены целесообразно использовать анализ верхних и нижних границ колебания цен на ИП, приемлемых для покупателя и владельца. Цена владельца ИП складывается из суммы затрат и обычной прибыли на продукцию инновационного характера. Цена покупателя образуется как разница между доходом, получаемым от использования ИП в производстве в течение всего периода его применения, и затратами, связанными с использованием ИП.

На инновационную сферу приемлемо распространение подхода, сформированного в теории предельной полезности, согласно которому ценность инноваций определяется исходя из ее способности удовлетворить потребности экономического субъекта. При этом использование нововведений должно приносить максимальную валовую прибыль. На практике необходимо применять дифференцированные методы ценообразования на различные объекты ИП (паушальные цены – для улучшающих инноваций, смешанного типа – при приобретении патентов, цены типа роялти – при длительном периоде освоения новшества производством и др.).

При реализации стратегического плана имеет место большая свобода действий, при которой работники могут выбрать образ действий, не обеспечивающий достижение целей. Чтобы избежать подобной дезориентации, руководство должно использовать специальные инструменты, позволяющие реализовать выбранную стратегию.

УДК 336.74

И.Г. ВАСИНА, к.э.н., доцент  
(СПбГИЭУ)  
Л.А. СОРОКИНА, доцент  
(ФГОУ ДПО «ПЭИПК»)

## **К вопросу об анализе денежных потоков в энергокомпаниях**

Хозяйственная деятельность любого предприятия неразрывно связана с движением денежных средств. Денежные средства обслуживают практически все аспекты операционной, инвестиционной и финансовой деятельности. Непрерывный процесс движения денежных средств во времени представляет собой денежный поток.

Управление денежными потоками выступает важным фактором обеспечения ускорения оборота капитала, приводит к сокращению продолжительности производственного и финансового циклов и снижению потребности в оборотном капитале.

В энергетике цикл оборота капитала объединяет стадию снабжения, производства и сбыта произведенной электро- и теплоэнергии, а также расчетов с контрагентами как по приобретаемому сырью и материалам, так и по реализуемым услугам.

Анализ движения денежных средств является составной частью процесса управления денежными потоками, поскольку дополняет методику оценки платежеспособности и ликвидности и дает возможность реально оценить финансовое состояние организации.

Анализ денежных потоков включает в себя два основных направления: горизонтальный и вертикальный анализ.

Горизонтальный анализ включает изучение динамики объема формирования положительного, отрицательного и чистого денежного потоков в разрезе отдельных источников, расчет темпов их роста и прироста, установление тенденций изменения их объема.

Темпы прироста чистого денежного потока сопоставляются с темпами прироста активов энергокомпаний и с темпами прироста объема производства (реализации) услуг. Для обеспечения нормального функционирования энергокомпании, повышения ее финансовой устойчивости и платежеспособности необходимо, чтобы темпы роста объемов продаж были выше темпов роста активов, а темпы роста денежного потока опережали темпы роста объема продаж.

Вертикальный анализ денежных потоков проводится по видам хозяйственной деятельности (операционной, инвестиционной и финансовой, что позволяет установить долю каждого вида деятельности в формировании положительного, отрицательного и чистого денежного потоков, а также по отдельным структурным подразделениям, что отражает вклад каждого подразделения в формировании денежных потоков.

Результаты горизонтального и вертикального анализов служат базой проведения фундаментального (факторного) анализа формирования чистого денежного потока.

УДК 568.7:658.14

Л.Д. АЛЕКСЕЕВА, инженер-электромеханик  
(ИНЖЕКОН)

С.Ю. ЧЕКМАРЕВ, к.э.н., доцент, В.А. ШАЛАНДА, к.э.н., профессор  
(ФГОУ ДПО «ПЭИПК»)

## Логистические потоки в системе управления финансами

Финансовые потоки в логистике представляют собой целенаправленное движение финансовых средств, которые циркулируют в логистической системе, а также между логистической системой и внешней средой. Как правило, логистический финансовый поток представляет собой движение финансовых ресурсов, направленность которых обуславливается необходимостью обеспечения перемещения материальных потоков.

Финансовые потоки, как и другие потоки в логистике, в зависимости от внутренних и внешних возмущающих воздействий на них могут приобретать как ламинарный характер, так и турбулентный. Как и любая подсистема социально-экономической системы, финансовая подсистема в зависимости от целого ряда обстоятельств может менять течение своих потоков с ламинарных на турбулентные и, в случае критических ситуаций, переводить финансовую среду в состояние бифуркации.

Исследуя эколого-социально-экономическую систему в целом и по отдельным подсистемам, необходимо учитывать воздействие на них закона иерархических компенсаций, предложенного Е.А. Седовым в результате обобщения закона У. Росс Эшби о необходимости разнообразия.

Представив потоки, протекающие в системе, в виде марковских процессов с непрерывным временем, т.е. в виде пуассоновских систем и составив граф состояний для конкретной системы, можно определить интенсивность потоков, переводящих систему из одного состояния в другое с помощью графа состояний системы. Для этого необходимо составить систему дифференциальных уравнений, решив которую, можно определить вероятность нахождения системы в любом из состояний.

Исследуя конкретную систему потоков, можно получить с помощью формул теории массового обслуживания ответ на любой конкретный вопрос о нахождении системы в любом из состояний.

В настоящее время в науке проблемы движения финансовых потоков в логистической системе недостаточно исследованы, поэтому рассмотрение вопросов перехода из упорядоченного состояния в хаотичное и обратно, другими словами из ламинарного состояния в турбулентное и обратно, является весьма актуальным, т.к. раскрывает неограниченные возможности оптимизации управления финансовыми потоками.

### Литература

1. **Князева Е.Н.**, Кудрямов С.П. Основания синергетики: – СПб.: Алетейя, 2002. – 414 с.

2. **Кемпбелл Э.**, Саммерс Лачс К. Стратегический синергизм, 2-е изд. – СПб: Питер, 2004. – 416 с.
3. **Лукинский В.С.** Модели и методы теории логистики: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк, 2003. – 176 с.
4. **Малинецкий Г.Г.** Математические основы синергетики (Хаос, структуры, вычислительный эксперимент), изд. 4-е перераб. и доп. – «КомКнига». – М.: 2005.
5. **Пригожин И.**, Стергерс И. Порядок из хаоса (новый диалог человека с природой) – М.: Изд-во «Едиториал УРСС», 2003
6. **Мазур И.И.**, Шапиро В.Д., Ольдеронге Н.Г. и др. Корпоративный менеджмент. – М.: Высш. шк., 2003.
7. **Шаланда В.А.** Управление логистикой и синергия. (Логистика: современные тенденции развития: Тез. докл. V Междунар. науч.-практ. конф. 20, 21 апреля 2006 г.). – СПб.: СПбГИЭУ, 2006. – 434 с.

УДК 1Ф

М.В. МАКСИМОВ, д.ф.н., профессор  
(ИГЭУ)

## **Соловьевские исследования в ИГЭУ: проблемы и перспективы**

Соловьевоведение – одно из бурно развивающихся направлений философских исследований в постсоветской России. Если, по подсчетам французского исследователя Жана Рюппа, в СССР с 1917 по 1973 г. было опубликовано 50 статей, посвященных творчеству В.С.Соловьева, то, по нашим подсчетам, только за период с 1990 г. по 2006 г. – более одной тысячи. Вместе с этим возрастает актуальность повышения качества исследований и формирования высокой профессиональной культуры, позволяющей успешно работать в пространстве истории отечественной и зарубежной философии XIX – XX вв.

Семинар по наследию В.С. Соловьева в ИГЭУ возник в 1999 г. как ответ на эти запросы российского научного сообщества. В 2005 г. на его основе образован Российский научный центр по изучению наследия В.С. Соловьева – Соловьевский семинар.

Основные задачи научного центра – исследование наследия В.С.Соловьева, разработка и издание научных и учебных материалов, способствующих повышению уровня и качества образования в вузах России, проведение научных и культурно-образовательных мероприятий (конференций, семинаров), развитие научных связей с зарубежными исследовательскими центрами, формирование соловьевской библиотеки.

В рамках Соловьевского семинара реализуются проекты по организации презентаций книг, посвященных творчеству В.С.Соловьева, изданию периодического сборника научных трудов «Соловьевские ис-

следования», подготовке коллективных монографий, словаря-справочника «Соловьёведение в России XIX – XX вв.», «Материалов к библиографии работ о В.С. Соловьёве»; поддержанию сайта Соловьёвского семинара (<http://solovyov-seminar.ispu.ru>).

За восемь лет существования Соловьёвского семинара проделана существенная работа. Проведены 26 заседаний общероссийского и международного уровня, опубликованы 13 выпусков периодического сборника научных трудов «Соловьёвские исследования», в которых нашли отражение результаты исследований важнейших проблем философии В.С. Соловьёва – метафизики, теории познания, социальной философии и историософии, нравственной философии, этики и эстетики.

Сегодня Соловьёвский семинар – мощный научный коллектив. Среди его участников, а это более 160 человек из 57 университетов России и десяти зарубежных стран, – 59 докторов наук, профессоров, 60 кандидатов наук, доцентов, 18 докторантов, 17 аспирантов, 10 студентов. Такой коллектив способен успешно решать серьезные научные задачи, быть лабораторией идей, растить молодое поколение исследователей.

## СЕКЦИЯ 15. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.146

А.К. ГРОМОВ, к.т.н., профессор, А.Г. ЕРШОВ, инженер,  
А.В. ЛИХАЧЕВА, инженер  
(ИГЭУ)

### **Методическое обеспечение индивидуальной самостоятельной работы студентов и мониторинг ее качества**

Индивидуальная самостоятельная работа является важнейшей частью процесса образования. Ее роль особенно важна в научно-исследовательской работе и практической деятельности. В индивидуальной самостоятельной работе студент организует свою деятельность в согласии со своими возможностями и интересами.

Подчеркнутая важность самостоятельной работы студентов определяет необходимость тщательной и продуманной методики ее организации и проведения, поскольку только соблюдение этих условий может сделать обучение интересным и увлекательным процессом.

Студенты не должны получать невыполнимых заданий; задания в определенной мере должны соответствовать основному содержанию курсов в методическом их сопровождении.

Совокупность методического и технического обеспечения (методические пособия, указания, консультационная работа преподавателей, лабораторное оборудование, компьютерные классы) должны обеспечивать студенту максимальную свободу творчества.

Важной особенностью разрабатываемых методических комплексов, обеспечивающих индивидуальную самостоятельную работу студентов, должна являться возможность их использования студентами дома или в учебно-досуговом учреждении, например в библиотеке или общежитии.

При докладе представляется разработанный авторами комплекс методического обеспечения компьютерного варианта лабораторных работ по испытанию электрических машин и исследованию электрохимических процессов в них.

Обеспечение включает имитационное и математическое моделирование трех типов преобразователей энергии (машины: синхронная, асинхронная и постоянного тока), программы испытаний и исследований, указания по их проведению, контрольные вопросы.

Продолжается работа по внедрению в сопровождение комплекса вариантами системы именного учета обращений к комплексу и оценки успешности работы с ним.

## **Анализ результатов входного тестирования по информатике**

Входное тестирование по информатике проводилось в 2005 и 2006 годах среди студентов первого курса. В 2005 году тестирование прошло 103 студента информатики и вычислительной техники и 20 первокурсников электроэнергетического факультета, а в 2006 – 115 студентов факультета информатики и вычислительной техники. При тестировании предлагались два варианта теста, которые были составлены из задания демонстрационного теста по информатике 2005 и 2006 года [1, 2] и варианта единого государственного экзамена по информатике. При этом варианты в 2006 году предлагались в трёх модификациях, которые отличались количеством заданий с выбором ответа от 5 до 15. Каждый вариант 2005 (2006) года содержал 17 (22) заданий. На выполнение теста отводилось 100 минут. Выполнение каждого из заданий 1-16 (1-21) оценивались одним баллом, а 17 (22) задание оценивалось до двух баллов. Таким образом, максимальное число первичных баллов, которое мог получить тестируемый составляло 18 (23). Максимальное количество баллов не набрал не один тестируемый. Наибольший балл, набранный тестируемыми студентами, 18.

5,69%/20% (2005/2006) набрали менее 6 первичных баллов, от 6 до 10 баллов набрали 33,34%/58,26% тестируемых, от 11 до 14 баллов – 51,22%/16,54% тестируемых и свыше 14 баллов только 9,76%/5,2%. В 2005 году средний балл составил 11,5, а в 2006 году только 8,5. Среди медалистов 2006 года средний балл оказался равным 8,91, что ниже общего среднего балла 2005 года.

Наименьшее количество правильных ответов было получено при выполнении заданий, связанных с проверкой умений строить и преобразовывать логическое выражение и описывать алгоритм решения предложенной задачи. Более 85% не пытались описать алгоритм решения задачи. 35% тестируемых студентов не смогли дать какой-либо ответ на задачу, в которой проверялось умение представлять числовую информацию в разных системах счисления. В первом варианте только пять заданий выполнило более половины тестируемых студентов, а во втором – 7 таких заданий.

### **Литература**

1. **Единый** государственный экзамен 2006. Информатика. Учебно-тренировочные материалы для подготовки учащихся / Рособрнадзор, ИСОП. – М.: Интеллект-Центр, 2006. – 136 с.
2. **Учебно-тренировочные** материалы для подготовки к единому государственному экзамену. Информатика / С.С. Крылов [и др.]; под ред. В.Р. Лещинера. – М.: Интеллект-Центр, 2005. – 136 с.



## **Информационная образовательная среда как эффективное средство повышения качества профессионального образования студентов электротехнических специальностей**

В последние два десятилетия теория обучения эволюционировала от жестко регламентированной к более открытой учебной среде, в центре которой стоит ученик как субъект образовательного процесса. Особенности организации учебного процесса в условиях информационной образовательной среды рассматриваются с позиций тех психолого-педагогических условий, которые необходимо развивать в процессе взаимодействия участников учебного процесса. Повышение качества высшего профессионального образования безусловно определяется использованием новых активных методов обучения. Активное обучение требует вовлечения студентов в образовательный процесс. При этом студент должен обязательно действовать и в процессе этой деятельности - открывать, обрабатывать и использовать получаемые знания. Широкое применение информационных технологий способно резко повысить эффективность активных методов обучения для всех форм организации учебного процесса: на этапе самостоятельной подготовки студентов, на лекциях, а так же на лабораторных и практических занятиях. Уровень развития современных средств вычислительной техники позволил изменить характер использования информационных технологий в образовании. Повышение выразительных возможностей компьютеров в представлении учебной информации дало возможность создавать образовательные мультимедиа системы, а повсеместное распространение сетевых технологий обеспечило практическое внедрение систем совместного обучения и комплексов дистанционного образования.

### **Литература**

1. **Усков В.Л.** Дистанционное инженерное образование на базе Internet/ Библиотечка журнала «Информационные технологии». – 2004. – № 3. – С.67.
2. **Михельевич В.Н.**, Нестеренко В.М. Проблемы высшего технического образования в современных условиях // Тез. докл. – СПб: Петровская академия наук и искусства, 1998. – С.3.

## **Проектирование содержания образования в области информационных технологий**

Основным принципом при построении содержания образования в области информационных технологий явилось согласование информационной составляющей в разных дисциплинах и обеспечение преемственности на всех уровнях обучения, что отражено в структуре учебных дисциплин [2].

При проектировании содержания образования будущего инженера в области информационных технологий планируемый учебный материал разбивается на отдельные учебные элементы (УЭ). Под УЭ понимают объекты, явления, понятия, методы деятельности, отобранные из соответствующей предметной области и внесенные в программу учебной дисциплины или раздела учебной дисциплины для их изучения.

Совокупность УЭ представляется в виде структурной схемы – древовидного графа, который называется графом содержания учебного материала и строится по иерархическому принципу. Узлами (вершинами) графа являются УЭ, ребрами – иерархические связи между ними. При построении графа содержания учебного материала последовательность изложения УЭ не имеет значения. Важно отобразить лишь иерархическую структуру учебного материала.

Параллельно с построением графа составляется таблица УЭ, в которую вносят наименования УЭ, а по каждому показателю заполняется две колонки. В первой колонке указывается «стартовый» показатель, который предположительно был получен в результате предшествующего обучения по другим дисциплинам или темам. Во второй колонке указывается «финишный» показатель, который должен быть достигнут в результате обучения по разрабатываемой теме. Учебный элемент вносится в таблицу и, следовательно, планируется его изучение, лишь, когда необходимо повысить хотя бы один из показателей. Таким образом, устанавливается четкая преемственность и взаимосвязь различных учебных дисциплин или отдельных тем в одной учебной дисциплине.

### **Литература**

1. **Урсул А.Д.** Модель устойчивого развития цивилизации: информационные аспекты // НТИ, Сер.2. – 1994. – № 12. – С.1-8.
2. **Тараканов А.В.** К вопросу проектирования содержания образования будущего инженера в области информационных технологий: Мат-лы II Всеросс. науч.-практ. конф. «Основные проблемы совершенствования образовательного процесса высшей школы в современных условиях» / Под общ. ред. канд. пед. наук М.А. Мигненко. – Сызрань: СВВАУЛ (ВИ), 2006.

УДК 621.3(075):621.314(07)

К.А. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, Д.В. САВИНОВА, к.т.н., доцент  
(ЮУрГУ)

## **Применение имитационного моделирования при изучении курсов ТОЭ и энергетической электроники**

Повышение качества образования возможно в первую очередь на основе применения новых информационных технологий. При изучении электротехнических дисциплин особенно перспективно применение имитационного моделирования. Наиболее широкими возможностями в построении имитационных моделей обладает математический пакет Matlab с приложением Simulink.

При имитационном моделировании модель как бы заменяет исследователю реальный объект, но обладает дополнительным важным свойством – в ней доступны для изменения и измерения все входящие в нее параметры и переменные, доступ к которым в реальном объекте по разным причинам может быть невозможен.

Применение имитационного моделирования целесообразно начинать с младших курсов. Особенно целесообразно использование имитационных моделей в курсе ТОЭ при изучении переходных процессов и несинусоидальных токов.

Разработаны модели для изучения переходных процессов в различных линейных цепях. Адекватность некоторых моделей проверяется студентами при выполнении лабораторных работ.

В курсе энергетической электроники продолжено применение имитационного моделирования. Созданы модели вентильных преобразователей различных типов: управляемых и неуправляемых выпрямителей, ведомых инверторов, преобразователей постоянного напряжения, автономных инверторов напряжения и преобразователей переменного напряжения. При изучении этих моделей особое внимание уделялось измерению энергетических показателей и учету влияния параметров питающей сети.

Имитационные модели обеспечили возможность изучения влияния различных факторов на энергетические, внешние и регулировочные характеристики. Фронтальное проведение лабораторных работ на виртуальных моделях и синхронное их выполнение студентами обеспечивает возможность обмена мнениями и совместного анализа результатов.

Применение имитационного моделирования в курсах ТОЭ и энергетической электроники, а также дальнейшее их применение в специальных курсах способствует повышению качества обучения студентов по специальности «Электроснабжение». Применение виртуального моделирования позволяет облегчить обучение студентов-заочников, особенно с учетом малого числа лабораторных работ, предусмотренных учебным планом.

## **ЕГЭ, первая сессия и качество абитуриентов**

В системе управления качеством образования качество «сырья», в нашем случае качество абитуриентов, занимает важное место.

С осени 2005 года ИГЭУ вместо вступительного экзамена по математике принимает результаты ЕГЭ, а до этого зачислял студентов по результатам традиционного письменного испытания.

Интересно посмотреть, на сколько оценки по математике, полученные студентами электромеханического факультета в зимние сессии 1-го курса в 2003/04, 2004/05 уч. годах (поступали по старой системе) и в 2005/06, 2006/07 уч. годах (поступали по новой системе), отличаются от аналогичных оценок вступительных испытаний.

В 2003/04 уч. году с оценкой «5» поступил 41 абитуриент. В первую сессию «5» подтвердили 39 % студентов. Ни один из этих студентов не получил «2». С «3» поступили 22 человека. Подтвердили ее 59,1 % студентов. «Неуд» получили 18,2 % студентов. Аналогичная картина была и в 2004/05 уч. году.

В 2005/06 уч. году с оценкой «5» ЕГЭ поступили 69 человек. Пятерку подтвердили 21,7 % студентов. 7,2 % студентов получили «неуд». С оценкой «3» ЕГЭ поступили 18 абитуриентов. Подтвердили 27,8 % студентов. «Неуд» получили 55,6 % студентов.

В 2006/07 уч. году с пятеркой ЕГЭ поступили 46 человек. Подтвердили 37 % студентов. «Неуд» получили 10,9 %. С оценкой «3» ЕГЭ было зачислено 34 абитуриента. Подтвердили 23,5 % студентов. «Неуд» получили 55,9 % студентов.

За эти годы с 7,7 % до 27,1 % в среднем выросло число студентов, получивших «неуд» по математике в первую сессию.

Наверное, на основании анализа показателей одного факультета рано делать какие-то общие выводы. Возможно, сказывается не отработанная система перевода баллов ЕГЭ в оценки вступительного экзамена. Но, тем не менее, корреляция результатов ЕГЭ и результатов зимней сессии студентов 1-го курса электромеханического факультета ИГЭУ получается не в пользу ЕГЭ. В нынешнем виде система зачисления в университет по итогам ЕГЭ не дает желаемых результатов, т.к. качество абитуриентов с введением ЕГЭ не стало лучше.

Пока достоинство приема в вуз по результатам ЕГЭ видится в том, что он позволил полноценно отдохнуть в отпускной период преподавателям кафедры высшей математики, обычно тратившим много времени на подготовку и проведение вступительных испытаний.

Необходимо продолжить подобный анализ. Это важно и для выработки стратегии приема будущих студентов, и для построения объективной шкалы пересчета баллов ЕГЭ в «наши» оценки.

УДК 378.14: 514.18

Е.В. ЕГОРЫЧЕВА, к.т.н., доцент, М.Ю. ВОЛКОВА, доцент  
(ИГЭУ)

## **Междисциплинарная графическая и художественная подготовка студентов**

Анализ дисциплин, изучаемых студентами специальности «Технологии художественной обработки материалов», позволил выявить основные графические и художественные дисциплины, которые являются базовыми или наиболее важными в подготовке специалистов – технологов художественной обработки материалов. К этим дисциплинам относятся инженерная графика и начертательная геометрия, техническое черчение, машинная графика, бионика и формообразование, орнамент в художественных изделиях, теория теней и перспектив, композиция и дизайн. Важность сквозной межкафедральной графической и художественной подготовки студентов определяется необходимостью поэтапной проверки входных и выходных знаний студентов при изучении каждой из этих учебных дисциплин, создания комплексного подхода к решению вопроса междисциплинарного взаимодействия.

Основными целями работы являются переход на новые технологии обучения и повышение уровня знаний студентов. В данном проекте разработан междисциплинарный комплекс «Проектирование художественного изделия», который охватывает все основные графические и художественные дисциплины и созданы печатная и электронная версии учебного пособия. Комплекс работ, входящих в проект четко сориентирован на получение знаний и навыков современного «графоязыка», компьютерного дизайна, развития аналитического и ассоциативного мышления, умения комплексно анализировать поставленные задачи и просматривать варианты их решения.

Проект формирует единый процесс обучения. Это предусматривает исключение оторванности дисциплин друг от друга. Дисциплины не существуют отдельно, сами по себе, наблюдается их преемственность и взаимосвязь. Задачи, поставленные и решенные в процессе изучения одной дисциплины, передаются и развиваются в другой и т.д. Это позволяет вести поэтапное наблюдение за учебным процессом, оценить уровень выполнения каждого из этапов, и, при необходимости, внести определенные коррективы. Сквозное проектирование дает полноценную теоретическую и практическую графическую подготовку для выполнения дипломного проектирования.

Внедрение сквозного проектирования позволит усовершенствовать учебный процесс, перевести его на более качественный уровень, позволит перейти на новые технологии обучения.

УДК 378.14: 514.18

А.М. ФЕДОТОВ, к.т.н., доцент, А.Ю. ТОКОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Управление качеством сквозного конструирования и проектирования**

Знание и умение правильно и качественно выполнять графическую часть любого проекта является важной составляющей инженерного образования. Получение знаний по данной части инженерного образования (графическое образование) начинается на первом курсе на кафедре конструирования и графики и продолжается на последующих курсах, вплоть до дипломного проектирования, на других кафедрах.

При выполнении графической части любого проекта требуется, в соответствии с государственным стандартом, осуществление нормоконтроля, который проводится преподавателями той кафедры, на которой этот проект выполняется. Анализ графической подготовки инженеров по некоторым специальностям показал на недостаточную точность проведения нормоконтроля. Следовательно, для проведения сквозной графической подготовки студентов необходима разработка единой системы нормоконтроля.

В данной работе предлагается электронное учебно-справочное пособие, содержащее основные положения и требования ЕСКД, которое допускает возможность дальнейшего пополнения и расширения путем включения в него другой нормативно-справочной документации, требующейся при изучении специальных дисциплин по направлениям и специальностям вуза.

Данное пособие выполнено на базе программной оболочки «Ат-тестат», разработанной на кафедре «Атомные электрические станции», которая имеет:

- удобный и простой графический интерфейс как для студентов, так и для преподавателей;
  - систему навигации;
  - возможность сетевого доступа;
  - простоту пополнения и корректировки учебно-справочного материала, в том числе создания блоков контрольных вопросов.
- Внедрение данного учебно-справочного пособия позволит:
- упростить нормоконтроль за качеством выполнения курсовых и дипломных проектов;
  - ввести единство требований к графической части проектов;
  - возможность студентам осуществить самоконтроль качества проекта.

## Методическое обеспечение курса «Начертательная геометрия»

Знание и умение правильно и качественно выполнять графическую часть любого проекта является важной составляющей инженерного образования. Получение знаний по данной части инженерного образования (графическое образование) начинается на первом курсе на кафедре конструирования и графики. На первом курсе в первом семестре студенты изучают курс «Начертательная геометрия». По данному разделу сдается экзамен, по которому успеваемость довольно низкая (50-70 %). Во втором семестре изучается курс «Инженерная графика». Успеваемость по данному курсу – 85-95 %. В связи с этим, основное внимание в докладе уделяется рассмотрению методического обеспечения курса «Начертательная геометрия».

Как при изучении любой технической дисциплины, в курсе «Начертательная геометрия» можно выделить области знаний, требующих различного подхода к их приобретению, и как следствию, методическое обеспечение должно отвечать особенностям этих областей. Эти области можно определить по аналогии с обучением какому-то языку, а именно,

- 1) изучение «алфавита», или «букв»,
- 2) составление из «букв» «слов»,
- 3) написание «предложения»,
- 4) и как конечный творческий результат, написание «сочинения».

Для решения первой задачи на кафедре разработан ряд тестов, которые используются на практических занятиях для определения уровня знаний студентов в рамках текущего контроля в системе «РИТМ». Для самостоятельной подготовки студентов к данным тестам разработан ряд программных модулей, где пользователь может воспользоваться двумя уровнями помощи.

Вторая и третья задачи решаются при помощи «Рабочей тетради», где рассмотрены все основные задачи курса. В помощь студентам в настоящее время разрабатывается электронная версия, в которой все задачи решаются в пошаговом режиме с кратким комментарием.

В качестве творческих задач студентам в конце первого семестра предлагается принять участие в олимпиаде по начертательной геометрии.

Кроме того, для студентов, имеющих слабое пространственное воображение, на кафедре разрабатывается учебный фильм по теме «Кривые поверхности», где отражены вопросы образования поверхностей, плоские сечения поверхностей и пересечение поверхностей.

УДК 378.14: 514.18

А.М. ФЕДОТОВ, к.т.н., доцент, Е.В. ЕГОРЫЧЕВА, к.т.н., доцент,  
А.А. БОЙКОВ, ассистент  
(ИГЭУ)

## **Компьютерное обеспечение практических занятий по курсу «Начертательная геометрия»**

На первом курсе в первом семестре студенты изучают курс «Начертательная геометрия». По данному курсу сдается экзамен, по которому успеваемость довольно низкая (50-70 %). В связи с этим, в данной работе рассматривается одна из основных проблем, возникающая у студентов при изучении курса «Начертательная геометрия», а именно, приобретение знаний и навыков при решении практических задач.

На кафедре К и Г накоплен большой методический материал по проведению практических занятий, который выдается студентам в виде «Рабочей тетради», что позволяет улучшить качество графического материала при решении студентами практических задач. Однако, при этом возникает ряд проблем с точки зрения усвояемости студентами практического материала, а именно:

1) недостаток количества часов, выделяемых для проведения практических занятий, не позволяет провести решение всех вариантов различных задач, а только типовых;

2) в ряде случаев, невозможность получения идентичности графического решения на доске и в рабочей тетради студента;

3) при проведении решения не все студенты успевают понять последовательность проводимых операций.

Одним из путей решения данных проблем является использование современных компьютерных обучающих технологий. В настоящее время кафедрой проводится работа по созданию компьютерной версии «Рабочей тетради». В данной версии решение ВСЕХ задач осуществляется пошагово с необходимым кратким комментарием каждого шага. При наличии соответствующего технического обеспечения данная версия позволит:

1) облегчить труд преподавателя, дав ему возможность избавиться от рутинного труда создания изображения на доске и уделить больше времени на обсуждение принципиальных вопросов решения задачи;

2) добиться идентичности решения на доске и в «Рабочей тетради» студента;

3) студенту самостоятельно и в спокойной обстановке рассмотреть порядок решения любой задачи, входящей в «Рабочую тетрадь».

Однако, остаются вопросы, а именно, как при решении задачи, если студент желает ее выполнить самостоятельно, дать ему необходимую «подсказку».



## Принципы обучающей системы при инвариантности решения

В настоящее время в ИГЭУ разрабатывается автоматизированный учебный комплекс по начертательной геометрии и инженерной графике. В рамках учебного комплекса можно выделить две составляющие: контролирующую и обучающую. Контролирующая подсистема призвана оценивать знания студентов и фиксировать их в виде оценок. Обучающая подсистема должна анализировать ход решения, вовремя определять ошибочные шаги, сообщать об этом студенту и предлагать помощь. Таким образом, два класса практических задач диктуют два разных подхода к организации материала таких задач и требуют разных способов оценки действий студента и ответных действий системы.

Для контроля знаний успешно применен механизм, описанный в [1], согласно которому, описание задачи включает совокупность исходных геометрических объектов и результирующих геометрических и связующих объектов. По исходным объектам строится математическая модель задачи и объявляется допустимый набор команд-модификаторов, изменяющих текущее состояние модели. Очередное состояние проверяется на соответствие результирующему набору объектов, что позволяет осуществить контроль правильности решения.

Задача, стоящая перед обучающей подсистемой в корне отличается. Требуется понимание действий студента и адекватная реакция в виде методической помощи. Был предложен метод шаблонов, позволяющий снять ограничения графовой модели и обладающий рядом перспективных возможностей. Шаблон можно представить как распознаваемую типовую операцию, шаблоны решения сложных задач строятся из шаблонов-подзадач и представляют собой распознаваемые топологии. Шаблон накладывается на последовательность выполненных студентом операций и позволяет выявить текущий активный подшаблон, предыдущий подшаблон, ожидаемый следующий подшаблон, позволяет дать соответствующую методическую подсказку, произвести частичную оценку решения.

Описание обучающей задачи включает исходные объекты и предполагаемый шаблон контроля, т.е. подобно контролирующей задаче ([2]) может быть представлен в иерархической форме XML, храниться в общей базе задач в рамках единого учебного комплекса.

### Литература

1. **Бойков А.А.**, Милосердов Е.П., Федотов А.М. Разработка диалоговых обучающих программ по задачам начертательной геометрии для комплекса дистанционного обучения // Вестник ИГЭУ. – Иваново. – 2004. – Вып. 3. – С. 4-7.

2. **Бойков А.А.**, Морковкин А.Ю., Пантелеев Е.Р. Инструменты формирования и оценки навыков решения задач в среде WWW // Информационные технологии: Мат-лы Всерос. науч.-техн. конф. (г. Воронеж, 24-26 мая 2005 г.). – Воронеж: Изд-во «Научная книга». – 2005. – С. 52-54.

УДК 378.14:514.18

А.Л. АРХИПОВ, инженер, А.А. БОЙКОВ, ассистент,  
Е.П. МИЛОСЕРДОВ, к.т.н., доцент  
(ИГЭУ)

## **Интерактивный учебный фильм по начертательной геометрии**

Для понимания основ начертательной геометрии представляется чрезвычайно важным демонстрации обучаемым наглядных образов геометрических объектов. На протяжении более 20 лет с середины 60-х до конца 80-х годов обучение студентов по курсу «Начертательная геометрия» завершалось демонстрацией полнометражного учебного фильма «Кривые поверхности», который давал наглядное представление как о видах поверхностей, так и о методах построения линий пересечений и плоских сечений поверхностей. Современные технические средства и новые информационные технологии, используемые в Ивановском государственном энергетическом университете предоставили возможность и определили принципы разработки учебного фильма, содержание которого соответствует программам курса «Начертательная геометрия» большинства технических специальностей. Фильм разрабатывается в виде интерактивного мультимедиа информационного ресурса, размещаемого в локальной или корпоративной сети и позволяющего как индивидуальный просмотр выбранных разделов фильма, так и коллективный просмотр фильма (через медиа-проектор) в процессе проведения занятий. Для обеспечения интерактивности видеофрагменты вызываются по гипертекстовым ссылкам системы WEB-страниц сайта, на котором размещены информационные ресурсы фильма. В качестве частного случая реализована возможность непрерывного линейного просмотра фильма по заданному разработчиками сценарию. Демонстрация видеоряда сопровождается воспроизведением синхронизированного с видеорядом и адекватного по содержанию звукового трека. Все фрагменты и эпизоды можно просмотреть используя стандартную программу WindowsMediaPlayer, входящую в состав системного программного обеспечения Windows XP и Windows 2000. Демонстрация учебного фильма осуществляется на компьютерах со стандартной конфигурацией технических средств и системного программного обеспечения.

В настоящее время в соответствии со сценарием разработаны отдельные эпизоды фильма, разработан звуковой трек и выполнен видеомонтаж демонстрационного фрагмента фильма. Фильм предполагается использовать как для самостоятельной подготовки студентов, так и в системе мероприятий повышения качества обучения на основе новых информационных технологий, разрабатываемых на кафедре «Конструирования и графики»

Н.В. ГАВРИЛОВА, начальник отдела социологических исследований  
(Центр менеджмента качества образования ИГЭУ)

### **Управление качеством образования – как объект социологического исследования**

Современные системы менеджмента качества образования (СМК) должны соответствовать общеевропейским требованиям. Наибольшее распространение получила модель оценки, использующая идеи Европейского фонда по менеджменту качества (EFQM). Применительно к образовательной деятельности эту модель можно представить в виде следующих критериев:

- 1) лидирующая роль ректора при решении вопросов управления качеством вуза;
- 2) политика и стратегия развития вуза;
- 3) менеджмент персонала;
- 4) управление ресурсами и взаимодействие с внешними партнерами;
- 5) менеджмент процессов;
- 6) удовлетворенность потребителей;
- 7) удовлетворенность персонала;
- 8) влияние на общество;
- 9) результаты деятельности вуза (качество абитуриентов, качество студентов, качество выпускников по оценкам работодателей, качество трудоустройства выпускников, достижение стратегических целей в финансовом секторе, во взаимодействии с клиентами, в управлении процессами, в обучении и развитии персонала).

Наибольшие трудности возникают при оценке СМК по первым 8-ми критериям в режиме анкетирования (оценки по критерию 9 формируются в автоматическом режиме с использованием компьютерной системы). Решение этой задачи осложняется тем, что на этапах анкетирования необходимо выявлять не только отношение социальных групп к СМК, но и выявлять индивидуальные мнения сотрудников вуза с целью вовлечения всего коллектива в процессы управления качеством. Известно, что принцип вовлечения всех сотрудников является одним из

основных принципов всеобщего управления качеством. В этой связи в данной работе предлагается вариант социологического сопровождения процессов управления качеством с использованием трех взаимосвязанных комплексов анкет:

**СЭ** – экспресс-оценка сотрудниками и руководителями вуза уровня соответствия СМКО международным стандартам (восемь критериев, восемь ответов от каждого респондента в диапазоне 0 – затрудняюсь ответить, 1 – плохо, 2 – ниже среднего, 3 – средне, 4 – выше среднего, 5 – отлично). К сожалению, в этом варианте велика вероятность появления грубых ошибок из-за высокого уровня субъективности. Поэтому предложено к каждому вопросу добавлять небольшие комментарии типа «Оценить СМКО по этому критерию можно считать идеальной, если:

- действует модель последовательной ориентации планов каждого подразделения на выполнение стратегических планов вуза и каждого сотрудника на выполнение стратегических планов своего подразделения;
- для каждой группы потребителей идентифицированы требования к качеству продукции и услуг вуза;
- эти требования ежегодно корректируются в зависимости от полученных результатов;
- существует обратная связь от потребителей;
- действует механизм мониторинга и оценки качества удовлетворения запросов потребителей;
- управленческие решения ректора способствуют выявлению и использованию кадрового потенциала вуза для развития и совершенствования новых проектов продукции и услуг вуза;
- в вузе организована работа по непрерывному совершенствованию качества кадрового потенциала вуза;
- ректор включает в планы развития кадровых ресурсов вуза мероприятия по целевому приему специалистов для ликвидации «белых пятен» в знаниях коллектива сотрудников;
- ректор предоставляет сотрудникам возможность брать на себя ответственность и проявлять инициативу по развитию потенциала вуза.

**СКJ** – уточненная оценка СМКО только по одному j-му критерию с наиболее низкой экспресс-оценкой. Повышение точности оценки достигается путем выделения в критерии нескольких подкритериев и нескольких уточняющих вопросов к каждому подкритерию. В качестве респондентов дополнительно необходимо привлекать внешних клиентов вуза. На этом этапе анкетирования фактически решаются три задачи: выявляется мнение респондентов по каждому вопросу (около 30-40 вопросов по j-му критерию); выявляется группа вопросов с наихудшими оценками (поиск слабых мест); проводится обучение сотрудников вуза основам управления качеством образования, так как разработчиками анкет предлагаются комментарии к каждому вопросу.

**SK** – уточненная оценка СМКО по всем критериям один раз в пять лет аналогично ранее рассмотренному алгоритму **SKj**. После этого этапа выявляется полная картина сильных и слабых мест СМКО (все анкеты содержат около 300 вопросов).

На основе рассмотренных вариантов реализована компьютерная система автоматизирующая процесс анкетирования и процесс анализа результатов исследований.

К.В. КОЛЕСНИКОВА, инженер отдела социологических исследований  
(Центр менеджмента качества образования ИГЭУ)

## **Уровень компетенций руководящего состава вуза – показатель качества менеджмента в высшей школе**

При проектировании и эксплуатации систем менеджмента качества в высшей школе чрезвычайно важен уровень профессиональной подготовки руководителей, менеджеров и рядовых сотрудников в вопросах стратегии развития вуза. В данной работе рассматривается один из подходов к формированию кластеров компетенций руководящего состава вуза, в первую очередь, ректора.

Компетенция – это некоторый стандарт поведения профессионалов при решении комплекса однотипных задач, например, управление качеством образования.

Среди девяти критериев оценки системы менеджмента качества по модели Европейского фонда EFQM обычно акцент делается на первом – «лидерство руководства». Кластеры компетенций предлагается формировать для каждого критерия этой модели. Ниже рассматривается фрагмент трехуровневого кластера компетенций ректора (уровень 1 – кластер компетенций, уровень 2 – блок компетенций в кластере, уровень 3 – конкретные компетенции в блоке, уровень 4 – индикаторы поведения, подтверждающие уровень приобретенной компетенции).

**Кластер компетенций КК1** «Лидирующая роль ректора при решении вопросов управления качеством образования».

**Блок компетенций К1.1** «Эффективность работы ректора при решении вопросов стратегического управления».

**Компетенция К1.1.1.** Умение ректора эффективно доводить до сотрудников информацию о миссии и видении вуза.

**Индикаторы поведения:**

- убеждает коллектив в необходимости реализации миссии и видения;

- обозначает «плюсы» миссии и видения для каждого подразделения вуза;
- находит консенсус с ученым советом и сотрудниками университета при реализации миссии и видения.

**Компетенция K1.1.2.** Умение ректора эффективно доводить до сотрудников информацию о политике вуза.

**Индикаторы поведения:**

- разъясняет сотрудникам политику вуза в научно-образовательной сфере деятельности;
- разъясняет сотрудникам политику вуза в финансово-хозяйственной сфере деятельности;
- разъясняет сотрудникам политику вуза в социально-культурной сфере деятельности;
- разъясняет сотрудникам политику вуза в сфере менеджмента качества;
- определяет направления интеграции вуза в международную систему образования;
- определяет направления влияния вуза на развитие региона;
- определяет направления совместного использования кадровых, методических, технических и программных ресурсов при взаимодействии вуза и предприятий энергетической отрасли.

**Компетенция K1.1.3.** Умение ректора эффективно доводить до сотрудников информацию об основных чертах будущего облика (видения) вуза.

**Индикаторы поведения:**

- разъясняет основные черты ИГЭУ как университета качества, исповедующего политику бездефектных процессов в основных сферах деятельности;
- доводит до сведения коллектива основные свойства ИГЭУ как компьютерного университета;
- приводит примеры лучших открытых университетов с развитой системой дистанционного обучения;
- разъясняет основные черты ИГЭУ как предпринимательского университета, сочетающего инновационную активность с наукоемкими технологиями.

**Компетенция K1.1.4.** Умение ректора эффективно доводить до сотрудников информацию о стратегических планах развития вуза: А – в финансовом секторе, В – во взаимодействии с клиентами, С – в управлении процессами, D – в обучении и развитии.

**Индикаторы поведения (А):**

- убеждает сотрудников в необходимости непрерывного совершенствования качества процессов в финансовом секторе;

- настаивает на непрерывном росте внебюджетного фонда за счет активизации инновационной деятельности, вовлечения всех подразделений в научные исследования, расширения рынка платных образовательных и прочих услуг;
- убеждает сотрудников в необходимости увеличения объемов финансирования по конкурсным проектам (гранты, тендеры и т.п.) и по договорам со стратегическими партнерами в отраслях энергетики, машиностроения, автоматике, информатики и менеджмента;
- убеждает сотрудников в необходимости снижения затрат на содержание вуза.

#### **Индикаторы поведения (B):**

- убеждает сотрудников в необходимости непрерывного улучшения качества удовлетворения запросов внутренних клиентов (сотрудников и студентов) вуза;
- убеждает сотрудников в необходимости непрерывного улучшения качества удовлетворения запросов внешних клиентов (абитуриентов, государства, предприятий-работодателей, стратегических партнеров, общества) вуза;
- настаивает на создании взаимовыгодных и долгосрочных отношений со стратегическими партнерами вуза (поставщиками и потребителями).

#### **Индикаторы поведения (C):**

- убеждает сотрудников в том, что качество вуза определяется качеством управления процессами в вузе;
- настаивает на безусловном обеспечении и непрерывном совершенствовании качества процессов учения, преподавания и воспитания;
- контролирует результаты минимизации дефектов в учебной, научной и финансово-хозяйственной деятельности;
- поддерживает информатизацию управления нематериальными активами.

#### **Индикаторы поведения (D):**

- пропагандирует необходимость непрерывной подготовки и переподготовки сотрудников в сфере всеобщего управления качеством;
- убеждает сотрудников, что будущее вуза связано с развитием его как непрерывно обучающейся и развивающейся организации;
- выступает с сообщениями о приоритетном направлении реформирования системы образования, связанном с развитием ключевых компетенций сотрудников и выпускников вуза;
- вовлекает, по возможности, всех сотрудников в решение задач качества.

**Компетенция K1.1.5.** Умение ректора убеждать сотрудников в необходимости ориентации мероприятий каждого подразделения на выполнение стратегических планов вуза.

**Индикаторы поведения:**

- приводит примеры эффективного развития вузов и предприятий, использующих технологию каскадного формирования планов – от формирования миссии и видения к стратегическим планам достижения будущего (через 5-7 лет) облика университета;
- убеждает ученый совет, что при стратегическом планировании желательно выбирать не более 4–5 направлений развития вуза;
- регулярно подчеркивает, что стратегический план необходимо развертывать по подразделениям вуза с целью концентрации ресурсов на главных направлениях;
- убеждает сотрудников в необходимости регулярного (раз в квартал или семестр) измерения и анализа результатов выполнения планов;
- подчеркивает, что все планы должны оформляться и поддерживаться компьютерной системой на уровне вуза, подразделения и конкретного сотрудника.

Из этого фрагмента компетенций ясна методика формирования девяти кластеров компетенций. Очевидно, что подобные кластеры необходимо фиксировать для проректоров, деканов, заведующих кафедрами, руководителей управлений и научно-исследовательских центров.

Собственно процесс выявления уровней компетенций руководителей вуза сводится к социологическим опросам сотрудников, внешних клиентов и учредителей вуза. Основа анкет – список индикаторов поведения объектов исследования для каждой компетенции. Если принять стандартную шкалу оценок – 0 (не знаю), 1 (очень плохо), ..., 5 (отлично), то главная цель социологических исследований не выявление интегральных оценок для девяти кластеров компетенций, а выявление блока самых сильных и самых слабых компетенций руководителей вуза. В противном случае мы вернемся к антидемократическим методам управления качеством образования.



А.Г. КОЛОБКОВ, программист  
(Центр менеджмента качества образования ИГЭУ)

## Применение сбалансированной системы показателей для повышения эффективности деятельности подразделений ИГЭУ

Сбалансированная система показателей (ССП) в классическом варианте [1,2] должна содержать четыре составляющие, отражающие стратегически важные аспекты деятельности предприятия: финансовая составляющая, клиентская составляющая, составляющая внутренних процессов, составляющая обучения и роста (развития). Но главное преимущество ССП состоит в том, что показатели сбалансированы и ориентированы на реализацию единой стратегии компании: как ориентированы финансовые цели на реализацию видения компании; в каких показателях работы с клиентами мы должны преуспеть, чтобы достичь желаемых финансовых показателей; на каких внутренних процессах нам следует сконцентрировать усилия, чтобы удовлетворить запросы клиентов; что мы должны сделать для обучения наших сотрудников и развития наших ресурсов, чтобы добиться успеха в бизнес-процессах?

Предложенная структура ССП будет эффективна и при реализации единой стратегии вуза. Ниже приводится экспериментальный вариант ССП для ИГЭУ.

Составляющая	Стратегические направления	Стратегические цели	Стратегические показатели	
Финансовая (Ф)	Финансовый рост	Ф1	Увеличение внебюджетного фонда	Объем внебюджетного фонда на одного сотрудника (руб.)
		Ф2	Увеличение бюджетного фонда	Объем бюджетного фонда на одного сотрудника (руб.)
		Ф3	Повышение эффективности использования материальных активов	Денежный поток (руб.)
		Ф4	Снижение затрат на содержание вуза	Полная стоимость обучения одного студента (руб.)
Клиентская (К)	Довольные студенты	К1	Безусловное удовлетворение потребностей клиентов	Количество абитуриентов. Количество студентов. Доля регионального рынка (%)
	Довольные работодатели	К2	Создание взаимовыгодных отношений с клиентами	Доля продаж услуг в сфере образования (%) Доля продаж услуг в сфере науки (%) Доля финансовой помощи работодателей (%)

		К3	Повышение уровня привлекательности вуза	Индекс удовлетворенности студентов (%) Индекс удовлетворенности работодателей (%)
Внутренняя (В)	Системность проектирования процессов	В1	Формирование основных сфер деятельности вуза в виде сети процессов.	Доля процессов, включенных в сеть (%)
		В2	Фиксирование для каждого процесса измерителей параметров качества ресурсов, входных и выходных данных, качество собственно процесса. Идентификация поставщиков входа и потребителей выхода, определение методик и графиков измерения качества.	Доля процессов, для которых в проекте зафиксированы все субъекты преобразования входных данных в выходные (%).
	В3	Устранение дефектов и слабых мест в процессах	Доля «бездефектных» процессов в соответствии с проектным заданием (%).	
Внутренняя (В)	Учет явных и скрытых потребностей клиентов вуза	В4	Обеспечение высокого качества измерения потребностей клиентов	Доля клиентов, для которых организовано измерение явных и скрытых потребностей (%).
	Управление процессами доставки и сопровождения продукции и услуг вуза.	В5	Обеспечение высокого качества трудоустройства выпускников вуза	Доля качественно трудоустроенных выпускников (%).
		В6	Обеспечение высокого качества внедрения инноваций.	Доля качественно внедренных инноваций (%).
	Постоянное улучшение процессов измерения качества знаний	В7	Обеспечение высокого уровня объективности и прозрачности технологической оценки знаний.	Доля курсов лекций, для которых реализованы современные технологии оценки знаний (%). Доля лабораторных работ, для которых реализованы современные технологии оценки знаний (%).
	Развитие профессиональных компетенций выпускников.	В8	Обеспечение высокого уровня соответствия международным стандартам качества выпускников вуза	Доля выпускников вуза, владеющих основными профессиональными компетенциями (%).

<b>Обучения и роста (О)</b>	Мотивированные и подготовленные к реализации единой стратегии сотрудники вуза	О1	Создание атмосферы активности при организации индивидуальной и командной работы.	Доля сотрудников, способных составлять индивидуальную ССП, согласованную со стратегией вуза (%) Доля сотрудников, способных составлять командную ССП, согласованную со стратегией вуза (%)
		О2	Формирование мотиваций для повышения эффективности внедрения в жизнь долгосрочных корпоративных планов.	Уровень удовлетворенности сотрудников (анкетирование) системой вознаграждений, связанной с успехами в реализации стратегии вуза (%).
		О3	Формирование стратегических компетенций сотрудников вуза, необходимых при использовании ССП.	Уровень соответствия стратегических компетенций, принятых вузом, (бенчмаркинг и анкетирование) лучшим образцам других вузов или компаний (%). Доля сотрудников, владеющих стратегическими компетенциями (%).
		О4	Доступность для сотрудников стратегических планов вуза.	Уровень удовлетворенности сотрудников (анкетирование) информацией о стратегии вуза (%).
		О5	Обучение сотрудников основам всеобщего управления качеством образования.	Доля сотрудников, способных работать в соответствии с принципами всеобщего управления качеством (%). Анкетирование и тестирование после ФПК.

### Литература

1. **Каплан Р.,** Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Пер. с англ. – М.: «Олимп–Бизнес», 2003.
2. **Каплан Р.,** Нортон Д. Организация, ориентированная на стратегию. Как в новой бизнес–среде преуспевают организации, применяющие сбалансированную систему показателей / Пер. с англ. – М.: «Олимп–Бизнес», 2004.

## Формализация знаний на основе понятийных структур

Структурирование знаний (структурный анализ знаний) на сегодняшний день приобретает особую актуальность в связи с необходимостью внедрения новых информационных технологий в важнейшие сферы человеческой деятельности, в том числе образовательную.

Формирование понятийной структуры (онтологии) некоторой предметной области может служить реализацией лингвистического аспекта извлечения и структуризации знаний. Особенности формирования понятийной структуры субъекта обусловлены установленным постулатом когнитивной психологии о взаимосвязи понятий в памяти человека и наличии иерархической семантической сети, объединяющей отдельные термины во фрагменты, фрагменты в уровни т.н. «пирамиды знаний». Помимо проектирования интеллектуальных систем, построение «пирамиды знаний» может иметь самостоятельное прикладное значение для контроля знаний субъекта в процессе обучения.

В соответствии со стандартом IDEF5 и методологией KADS (Knowledge Acquisition and Documentation Structuring) онтология предметной области – *совокупность словаря терминов, точных их определений и взаимосвязей между ними (системы отношений)*. Простейший алгоритм структуризации включает следующие этапы.

1. Составление словаря терминов предметной области.
2. Выявление значимых понятий и их объяснений (дефиниций).
3. Выявление связей между понятиями.
4. Построение пирамиды знаний на основе детализации и выявления метапонятий.

Для поддержания построения онтологии используются разнообразные типы диаграмм и схем, наглядно и визуально представляющие основную онтологическую информацию в графической форме: диаграмма классификаций, обеспечивающая механизм для логической систематизации знаний; композиционные схемы, являющиеся механизмом графического представления состава классов; диаграммы состояния объекта, позволяющие документировать тот или иной процесс с точки зрения изменения состояния знаний субъекта. Последние могут быть построены с использованием математического аппарата многомерного шкалирования.

### Литература

1. **Шелов С.Д.** Построение терминологической базы знаний и анализ понятийной структуры терминологии // НТИ. Сер. 2. – 1998. – № 5. – С. 1–16.
2. **Гаврилов Н.А.** Структурирование знаний для дистанционного обучения // Вестник ПОИПКРО. – 2002. – №3.

## АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

### А

АБДУХМАНОВ Х.А. 186  
 АВДЮНИН Е.Г. 37,60  
 61,62  
 АКСЮТА Е. Ф. 135  
 АЛЕКСЕЕВА Л.Д. 225  
 АЛЕКСЕИЧЕВА А.Н. 187  
 АНИСИМОВ А.А. 4,6  
 АНИСИМОВ С.В. 19  
 АРСЕНОВ В.Г. 52  
 АРХИПОВ А.Л. 239

### Б

БАБИЧ А.В. 136  
 БАЛЛОД Б.А. 249  
 БАННИКОВ А.В. 55  
 БАРАНЦЕВА Е.А. 174,176,  
 179,181  
 БАРОЧКИН Е.В. 183  
 БАРОЧКИН А.Е. 184  
 БАРСУКОВ А.И. 195  
 БАХИРЕВА Г.М. 188  
 БЕЛОВ И.А. 106  
 БЕЛЯЕВ А.В. 87,116  
 117  
 БИТКИН В.П. 192  
 БОБРОВА С.П. 206,220  
 БОГОРОДСКАЯ О.Е. 190  
 БОЖКОВА Л.В. 139  
 БОЙКОВ А.А. 237,238,  
 239

БОРИСОВ А.А. 184  
 БОРИСОВ В.В. 189  
 БРАГИН А.В. 191  
 БУДНИК Г.А. 192  
 БУЛАНКИН А.П. 158  
 БУЛДУКЯН Г.А. 7  
 БУРКОВ А.П. 3,14,15  
 БУТЫРИН А.А. 193  
 БУХМИРОВ В.В. 31,53  
 БЫСТРОВ Ю.В. 194

### В

ВАРКОВ А.А. 14  
 ВАРТАНОВ М.В. 139  
 ВАСИНА И.Г. 224  
 ВАТЛЕЦОВ А.В. 118,119  
 ВЕЧЕРОВ А.В. 84  
 ВИХРЕВ С.В. 112  
 ВОЛКОВ А.В. 25,27,  
 28,29

ВОЛКОВА М.Ю. 145,157  
 163,234  
 ВОРОШИН Д.А. 118,119,  
 120

### Г

ГАВРИЛОВА Н.В. 240  
 ГАЛАНИН В.А. 11  
 ГАРАНИН А.В. 50,54  
 ГЛАЗОВ В.С. 45,70,71  
 ГЛЕБОВ В.В. 141,142,  
 144,146,  
 149,151  
 154  
 ГЛЕБОВ С.В. 146,149  
 ГЛУХОВ Д.М. 75  
 ГНЕЗДОВ Е.Н. 41,53  
 ГНУТОВ С.К. 76  
 ГОРБУНОВ А.Г. 121  
 ГОРБУНОВ В.А. 34,39,43,  
 49

ГОРИНОВ О.И. 40,48  
 ГОРШЕНИН В.П. 60,61,62  
 ГОРЯЧЕВ М.Н. 27,28,29  
 ГОСУДАРЕВА С.С. 138  
 ГРЕЧИН В.П. 195  
 ГРИГОРЬЕВА М.В. 196  
 ГРИШИНА Г.Б. 135  
 ГРОМОВ А.К. 78,228  
 ГУСЕВ В.А. 229

### Д

ДЕПУТАТОВ В.П. 135  
 ДОЛИНИН Д.А. 43,48  
 ДОРОФЕЕВ В.Н. 46,56

### Е

ЕГОРОВ В.Н. 12,17,21  
 ЕГОРОВ М.Е. 142  
 ЕГОРЫЧЕВА Е.В. 234,237  
 ЕЛИН Н.Н. 38  
 ЕЛЬНИКОВСКИЙ В.В. 13  
 ЕРШОВ А.Г. 78,90,228

### Ж

ЖИДИЛОВ К.А. 65  
 ЖУКОВ В.П. 177,182,  
 183,184,  
 185  
 ЖУРАВЛЕВА И.В. 197  
 ЖУРАВЛЕВА С.Л. 199

<b>З</b>			
ЗАЙЦЕВ А.А.	153,156	КРИВЦОВ А.К.	23
ЗАРУБИН З.В.	101	КРЫЛОВ Н.И.	92,93
ЗАХАРОВ В.М.	55	КУКУШКИН М.Н.	131
ЗЕЛЕНСКАЯ А.А.	98	КУЛИКОВА О.Б.	203
ЗОРИН М.Ю.	183	КУРЗИН Ю.Е.	125
<b>И</b>		КУЧЕРОВ С.Ю.	88,89
ИВАНКОВ В.А.	7,9,166	<b>Л</b>	
ИВАНОВА О.В.	181	ЛАЗАРЕВ А.А.	76
ИВЛИЧЕВ Е.П.	20	ЛАПИН А.А.	149
ИГНАТЬЕВ Д.А.	144	ЛАПИН А.Н.	81
<b>К</b>		ЛАШМАНОВ И.М.	87,89
КАБАНОВ А.Ю.	200	ЛЕБЕДЕВ О.Е.	178
КАЗАКОВ Ю.Б.	76,89,90, 91,94,96	ЛЕБЕДЕВА О.А.	204
КАЗАРОВА Е.И.	198	ЛЕВИН Д.С.	154
КАЛИБЕРДА А.Н.	143	ЛЕЗНОВ В.С.	175
КАЛИНИН А.С.	53	ЛИХАЧЕВА А.В.	78,228
КАЛЯЗИН Ю.В.	69	ЛОГИНОВА Т.А.	45,71
КАПУСТИН С.Ю.	122	ЛОПАТКИН А.Д.	5
КАРАБИНОВА Н.Ю.	23	ЛЬВОВ С.Е.	108
КАРАМОВ И.А.	138	<b>М</b>	
КАРАУЛОВ В.Н.	84,85	МАКАРОВ А.Н.	64
КИСЕЛЕВ А.А.	159	МАКСИМОВ М.В.	226
КИСЕЛЕВА Т.В.	202	МАЛИНИНА Н.В.	111
КЛИМОВ Д.А.	86,123	МАНЧЕВА Е.Г.	205
КЛЮШКИН П.В.	6	МАСЛОВ Л.Б.	106,109
КНЯЗЕВА Н.Г.	8	МАТРОСОВ А.	206
КОЗЛОВ А.А.	68	МАХОВ Н.М.	122
КОЗЛОВА И.А.	68	МАХОВ О.Н.	57
КОЛЕСНИКОВА К.В.	242	МЕДВЕДЕВ В.Б.	36
КОЛОБКОВ А.Г.	246	МЕЖЕУМОВ Г.Г.	185
КОЛОБОВ А.Б.	102,103, 104	МЕЛЬНИКОВ В.М.	46,56
КОМИН В.Г.	15	МИЗОНОВ В.Е.	174,175, 176, 177, 179,185
КОМКОВ Е.Ю.	123,124	МИЛОСЕРДОВ Е.П.	238,239
КОПОСОВ А.В.	171	МИТРОФАНОВ А.В.	180
КОПОСОВ В.Н.	160	МИХРИНА Т.В.	49
КОПЫЛОВА Л.Г.	8	МОНАХОВА Ю.Б.	139,148
КОРОЛЕВА С.В.	108	МУНИЦЫН А.И.	97
КОРОЛЕВА Т.В.	201	МУРЗИН Н.В.	126
КОРОЛЬКОВ Е.А.	212	МУХИН М.В.	53
КОРЯГИН А.Н.	58	МЯГКОВ А.Ю.	207
КОСТЮНИН В.В.	42	<b>Н</b>	
КОТОВ В.Л.	23	НАГОРНАЯ О.Ю.	39
КРАЙНОВА Л.Н.	112	НАЗАРОВА О.Е.	41,53
КРАСИЛЬНИКОВ А.Г.	177	НАТАРЕЕВ А.С.	47
КРАСИЛЬНИКЪЯНЦ Е.В.	3,13,15	НИКИШОВ В.Ф.	46,56
КРАСНОВСКИЙ С.Я.	99	НИКОЛАЕВ И.Б.	167
КРАСНУШКИН А.И.	25	НОВИКОВ В.А.	143
		НОВИНСКИЙ И.В.	175
		НОЗДРИН М.А.	101,105

<b>О</b>			
ОВСЯННИКОВ М.Ю.	126	САМОК С.Г.	168
ОВСЯННИКОВ Ю.М.	130	САМОНИН В.И.	82
ОГУРЦОВ А.В.	114,180	САНИНА Е.Ю.	211
ОГУРЦОВ В.А.	114	САРКИСОВА Л.А.	30
ОГУРЦОВ Ф.Б.	103,104	СЕННИКОВ В.В.	35,51
ОМЕТОВА М.Ю.	38	СЕРГЕЕВ А.В.	37,62
ОРЛОВ А.С.	162	СЕРГЕЕВ В.А.	37,60
<b>П</b>		СИДОРЕНКО А.В.	18
ПАВЛОВ Д.С.	64	СИЗОВ О.Н.	124,129
ПАВЛЮКОВА Н.Л.	163	СИЛУЯНОВ Б.П.	24
ПЕРМИНОВ С.М.	90,94,96	СИЛУЯНОВ Д.Б.	24
ПИРОЖКОВ В.А.	51	СИРОТКИН А.С.	212
ПЛЕХАНОВА М.Э.	208	СКУРАТОВ А.П.	33
ПОДГОРКОВ В.В.	173	СЛЫШАЛОВ А.В.	216,217,
ПОКЛАД П.М.	172		218
ПОЛЕТАЕВ В.А.	138,145,	СЛЫШАЛОВ В.К.	216,217,
	153		218
ПОПОВ Г.В.	87,115	СМИРНОВ А.Н.	115
ПОПОВ Е.И.	41	СМИРНОВ Д.С.	107,109
ПОТАПОВ В.Н.	42	СМИРНОВ Н.Н.	55
ПОТЕМКИН Д.А.	164,170	СМИРНОВ С.Ф.	177,182
ПРАЗДНИЧКОВ И.И.	151	СМИРНОВА Е.Ю.	213
ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ К.А.	232	СОЗИНОВ В.П.	32
ПРИСЯЖНИК С.И.	74	СОЗИНОВА Т.Е.	31
ПРОВОРОВ В.В.	66	СОКОЛОВ А.К.	120,130,
ПРОНИН В.Ю.	63		131
ПТУХА Л.И.	158,161	СОНИНА А.В.	132
ПУЧКОВ В.П.	142	СОРОКИН В.М.	141,144
ПУЧКОВ П.В.	169	СОРОКИНА Л.А.	224
ПЫЖОВ В.К.	44,50	СПАНОВСКИЙ С.С.	214
ПЫШНЕНКО Е.А.	127,128,	СТАВРОВСКИЙ Е.С.	215
	131	СТЕПАНОВА Т.Ю.	150
ПЬЯНЫХ А.А.	33	СТРАДОМСКИЙ Ю.И.	80
<b>Р</b>		СТРОЕВ В.П.	122,132
РАЖЕВА А.В.	249	СУББОТИН В.И.	57,59
РАЗОРЕНОВА М.В.	210	СУСЛИК М.Е.	141
РАКУТИНА Д.В.	31	<b>Т</b>	
РАССКАЗЧИКОВ Р.Н.	17	ТАРАКАНОВ А.В.	231
РАТЕНКОВА О.О.	121	ТАРАРЫКИН С.В.	8,10
РЕВЯКИН Е.С.	209	ТЕРЕХОВ А.И.	11,18,19,
РОГОЖНИКОВ Ю.Ю.	119		20
РОТКОВ С.И.	66	ТЕРЕХОВ В.Г.	16
РУБЦОВ Д.В.	89	ТЕРЕХОВА Н.Р.	219
РУДЕНКО А.П.	136	ТИМОНИН Д.Л.	40
РЫБАКОВА Ж.Н.	34	ТИМОШИН Е.Л.	59
РЫБКИНА Г.В.	38	ТИМОШИН Л.И.	59
<b>С</b>		ТИХОНОВ А.И.	82,86,87,
САБАНЕЕВ Н.А.	99		88,89
САВАНОВ С.В.	44	ТИХОНОВ О.В.	174
САВИНОВА Д.В.	232	ТОКОВ А.Ю.	235
САЛАХУТДИНОВ Н.В.	3	ТОПОРОВА Е.А.	100,152
		ТРЕТЬЯКОВА Н.В.	147

ТУПИЦИН С.Д.	220	ШЕВЧУК В.П.	73
ТЮРИНА С.Ю.	221	ШЕВЧУК Е.В.	222
ТЮТИКОВ В.В.	5	ШЕЛЯКИН А.П.	10,26
<b>Ф</b>		ШЕПТУНОВ Б.В.	105
ФАЛЕЕВ М.В.	140,155	ШИКАЛЕВ Д.	80
ФАЛЕЕВА Н.В.	159	ШИРЯЕВА С.А.	9
ФЕДОТОВ А.М.	235,236, 237,239	ШИШКИН В.П.	77,233
ФЕДОТОВА С.С.	70	ШУМИН А.А.	91
ФИЛАТОВ Ю.Е.	110	ШУРАКОВА Л.Ю.	223
ФИЛИМОНОВА О.В.	230	ШУРЫГИН А.М.	86,92,93, 155,165
ФРОЛОВ А.Н.	22	ШУРЫГИН А.Ю.	146,149, 151,154
<b>Х</b>		ШУРЫГИН М.Н.	79,92,93
ХАРИШ Н.П.	74	<b>Щ</b>	
ХЛЕБНОВ Е.Ф.	12,21	ЩЕРБАКОВА Н.А.	109
ХЛОПОВ А.М.	136	<b>Я</b>	
ХОЛОСТОВ Е.А.	55	ЯРАНОВ С.В.	179
ХОХЛОВА Ю.В.	176		
ХРЯПЧЕНКОВ А.С.	65		
<b>Ч</b>		VERTHIAUX H.	176
ЧЕКМАРЕВ С.Ю.	225	GATUMEL C.	176
ЧЕРНОВ К.В.	133,134	KANIOWSKI P.	182
ЧЕРНОВА Г.Н.	110	MIHALYKO CS.	177
<b>Ш</b>		URBANIAK D.	182
ШАЛАНДА В.А.	225	VOROBIEV E.	179
ШАРЫГИН Е.Е.	85		



## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 7. МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ.....	3
СЕКЦИЯ 8. ТЕПЛООБМЕН В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ.....	31
СЕКЦИЯ 9. ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И МЖУ.....	73
СЕКЦИЯ 10. ДИНАМИКА, НАДЕЖНОСТЬ И ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	97
СЕКЦИЯ 11. ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ЧЕЛОВЕК, ТЕХНИКА, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА.....	115
СЕКЦИЯ 12. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	138
СЕКЦИЯ 13. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ.....	174
СЕКЦИЯ 14. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ НТП.....	186
СЕКЦИЯ 15. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ.....	228

ДЛЯ ЗАМЕТОК

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Международной научно-технической конференции  
**«СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ»**  
(XIV Бенардосовские чтения)

**29-31 мая**

II том

*Печатаются в авторской редакции*

Лицензия ИД № 05285 от 4 июля 2001 г.

Подписано в печать 18.04.2007. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 15,68. Уч.-изд. л. 18,6. Тираж 300 экз. Заказ .

Ивановский государственный энергетический университет  
153003, Иваново, ул. Рабфаковская, 34.

Типография ООО «ПресСто»  
153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39.