



НАУКА -

образованию, производству, ЭКОНОМИКЕ

1

**Материалы Седьмой
международной
научно-технической
конференции**



**Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

**Материалы Седьмой международной
научно-технической конференции
В 3 томах**

Том 1

**Минск
2009**

УДК 001:[37+658+338](063)
ББК 72.431

Редакционная коллегия:

Б.М. Хрусталеv – академик НАН Беларуси, д-р техн. наук,
профессор, Ф.А. Романюк – д-р техн. наук, профессор,
А.С. Калиниченко, д-р техн. наук

В сборнике представлены материалы Седьмой международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

Технические и прикладные науки

Электроэнергетика

Построение схем электроснабжения при наличии на предприятии собственных источников электроэнергии

Радкевич В.Н., Ярошевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Электростанции промышленных предприятий, за исключением расположенных в удаленных районах, должны быть электрически связаны с ближайшими электрическими сетями энергосистемы. На связях целесообразно предусматривать делительную защиту, предназначенную для отделения электростанции предприятия от сетей электроснабжающей организации при авариях в энергосистеме, вызывающих дефицит мощности, снижение частоты до недопустимых пределов, нарушение устойчивости и т.п.

Если промышленная электростанция предусматривается как независимый источник питания, то применяемые защиты должны эффективно работать как при параллельной, так и автономной работе генераторов. Однако токовые защиты, отстроенные от максимальных значений токов при параллельной работе, оказываются нечувствительными в автономном режиме работы. Современная адаптивная микропроцессорная защита при резком изменении уровня сверхтока автоматически или дистанционно по команде дежурного или оперативного персонала изменяет уставки защит и их времятоковые характеристики. В случае наличия на предприятии собственных генераторов напряжением 6 – 10 кВ традиционно используемые схемы противоаварийной автоматики могут оказаться непригодными, так как неконтролируемая с помощью технических средств работа устройств АВР и АПВ опасна из-за возможности возникновения аварии при несинхронном включении генераторов. Поэтому в таких схемах электроснабжения устройства АВР и АПВ должны быть оснащены устройствами контроля встречного напряжения, которые при необходимости дополняются функциями контроля синхронизма.

Установка на промышленном предприятии источников электроэнергии значительной суммарной мощности может потребовать изменения схем электрических соединений трансформаторных подстанций и распределительных пунктов систем электроснабжения, а также режимов их работы. В каждом конкретном случае выбор целесообразного технического решения следует осуществлять на основе технико-экономических расчетов с учетом особенностей технологического процесса предприятия, а также возможных последствий от нарушения электроснабжения разнообразных производственных установок.

Точность и достоверность входных данных в автоматизированных информационно-измерительных системах контроля и учета энергоресурсов

Анищенко В.А., Жерко С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность работы информационно-измерительных систем, обеспечивающих контроль и учет энергоресурсов на промышленных предприятиях и электростанциях, характеризуется точностью измерений и своевременным выявлением их недостоверных результатов. Точность и достоверность измерений достигаются в первую очередь за счет совершенствования технических средств, с помощью которых они производятся. При измерении электроэнергии этими средствами являются измерительные трансформаторы тока и напряжения, электросчетчики, а также каналы передачи информации. Дополнительно повысить достоверность можно за счет топологической связи измеряемых переменных. Такой контроль перспективен прежде всего при измерении электроэнергии, поскольку связность схем электрических соединений достаточно велика. Условия достоверности одновременных измерений m взаимосвязанных переменных, обобщающих систему n уравнений:

$$\left| \sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot W_i \right| < \delta_{\text{дон } j}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где W_i - результат измерения i -ой переменной; a_{ij} - коэффициент, равный 1, -1 или 0, определяющий входение i -ой переменной в j -е уравнение связи; $\delta_{\text{дон } j}$ - допустимая невязка j -го уравнения:

$$\delta_{\text{дон } j} = k \sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot \sigma_i^2 + \Delta W_j}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где k - квантиль усечения распределения невязки; σ_j^2 - дисперсия потерь электроэнергии в элементах схемы соединений переменных в j -м уравнении относительно среднего значения потерь ΔW_j ; σ_i^2 - дисперсия результирующей погрешности i -го измерения:

$$\sigma_i^2 = \left(\frac{1}{\rho} \cdot W_i \right)^2 \cdot (\gamma_{Ti}^2 + \gamma_{Эi}^2 + \gamma_{Ки}^2), \quad i = 1, \dots, m,$$

где ρ - квантиль усечения случайного распределения погрешности; γ_{Ti} , $\gamma_{Эi}$, $\gamma_{Ки}$ - точности трансформаторов тока и напряжения, электросчетчиков и каналов передачи информации.

**Управление электропотреблением как способ повышения
энергоэффективности использования
топливно-энергетических ресурсов**

Анищенко В.А., Белько В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из приоритетных направлений государственной политики Республики Беларусь является политика энергосбережения. Обострившийся дефицит топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) инициировал принятие закона об энергосбережении, обязывающего производителей и потребителей электрической и тепловой энергии рационально использовать ТЭР. Энергосберегающие мероприятия, осуществляемые потребителями для выполнения показателей энергоэффективности, приводят к общему снижению суточного графика электрической нагрузки энергосистемы при сохранении планового выпуска производимой продукции.

Выравнивание графиков нагрузки достигается введением дифференцированных по зонам суток тарифов оплаты за потребленную электроэнергию. Дополнительным фактором служат штрафные санкции за превышение лимитов активной мощности в часы утренних и вечерних максимумов нагрузки энергосистемы.

Одним из средств повышения энергоэффективности использования топливно-энергетических ресурсов при производстве, транспортировке и потреблении электроэнергии является управление электропотреблением, которое сводится к понижению и выравниванию суточных графиков нагрузки. Усилившийся в последние годы топливно-энергетический кризис повысил приоритет энергосистем и привел к ужесточению режимных требований к потребителям электроэнергии. В связи с этим актуальны следующие задачи: объективное на основе энергоаудита нормирование показателей энергоэффективности потребителей; установление тарифов и лимитов на потребленную электроэнергию и мощность; определение целесообразности принудительного ограничения энергопотребления предприятий в часы максимумов энергосистемы с помощью потребителей-регуляторов.

Для решения этих задач необходимы: анализ вероятностных характеристик графиков энергетических нагрузок потребителей и энергосистемы в целом; разработка энергосберегающих мероприятий и оценка затрат на их реализацию; выбор возможных потребителей-регуляторов на энергоёмких предприятиях; организация достоверного контроля и учета генерируемой и потребляемой электроэнергии.

Использование смешанной схемы электроснабжения в сельских электрических сетях

Збродыга В.М., Янукович Г.И., Сердешнов А.П., Шевчик Н.Е.
Белорусский государственный аграрный технический университет

Современная схема электроснабжения в сельских электрических сетях напряжением 0,38 кВ базируется на питании потребителей по трехфазным линиям электропередачи от трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ. К мелким однофазным потребителям приходится подводить трехфазную линию электропередачи. Сечения проводов при этом берут выше необходимых, исходя из условий потери напряжения, так как их выбирают минимально допустимыми по механической прочности. Все это приводит к повышенному расходу проводникового материала в низковольтной сети.

Мы предложили смешанную трехфазно-однофазную схему электроснабжения потребителей, включающую в себя трехфазный трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Y_n СУ, к шинам которого подключены отходящие низковольтные линии электропередачи. При неравномерном распределении нагрузки по фазам трансформатор обеспечивает симметрию системы фазных напряжений. Это позволяет выполнять отходящие линии электропередачи не только трехфазными, но и однофазными, и тем самым экономить проводниковый материал.

В сетях с изолированной нейтралью возможно применение смешанной трехфазно-двухфазной схемы электроснабжения с использованием трансформатора со специальной схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом. У такого трансформатора практически не наблюдается искажения симметрии первичных напряжений даже при глубокой несимметрии нагрузки, а коэффициент несимметрии вторичных напряжений по обратной последовательности не превышает 1–2 %, что ниже, чем у трансформаторов с другими схемами соединения обмоток, и не превышает предельно допустимых стандартом значений. Это позволяет выполнять отходящие линии электропередачи к однофазным потребителям малой мощности не только трехфазными трехпроводными, но и двухфазными двухпроводными, снижая расход проводникового материала.

К тому же при работе трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом на нелинейную нагрузку значения коэффициентов искажения синусоидальности кривых его вторичных напряжений не превышают 2–3 %, что в 1,5–2 раза ниже, чем у трансформаторов с другими схемами соединения обмоток. Поэтому можно рекомендовать применение такого трансформатора в системах электроснабжения, насыщенных нелинейными потребителями.

Характеристики асинхронных двигателей при работе с пониженной частотой

Гончар А.А.

Белорусский национальный технический университет

Все потребители электроэнергии, питающиеся от энергосистемы, работают практически не при постоянной частоте. Это связано с изменением нагрузки потребителей. Иногда величина нагрузки потребителей имеет непредсказуемый характер. Как правило, величина частоты сети менее номинального значения, т.е. меньше 50 Гц. Это означает, что не соблюдается баланс между генерируемыми мощностями электростанций и мощностями потребителей. Мощности потребителей превышают генерируемые мощности. Точное прогнозирование изменения потребляемой мощности в течение суток практически не достижимо.

Ниже рассматривается влияние только отклонения частоты вниз от номинального значения на технические показатели АД. Первостепенными причинами, вызывающими изменение технических показателей АД, являются уменьшение синхронной скорости вращения, что приводит к уменьшению частоты вращения ротора, а также увеличение потока на полюс. Возрастание потока на полюс приводит к увеличению индукций во всех частях магнитной цепи, что сказывается на повышении потерь мощности этих участков. Возрастает степень насыщения машины, что в свою очередь сказывается на увеличении намагничивающего тока. При этом индуктивные сопротивления фазы обмоток статора и ротора уменьшаются. Изменение тока ротора АД определяется зависимостью момента сопротивления приводимого АД механизма от его скорости вращения. В теории электропривода по указанному критерию механизмы условно делят на 3 класса:

1. Момент сопротивления не зависит от скорости вращения
2. Момент сопротивления изменяется линейно со скоростью вращения
3. Момент сопротивления изменяющийся параболически.

Рассмотрим изменение потерь мощности АД.

1. Потери мощности в стали статора будут возрастать.
2. Потери мощности в обмотке ротора будут уменьшаться.
3. Потери мощности в обмотке статора определяются соотношением между намагничивающим током и нагрузочной составляющей тока ротора. Первая составляющая – растет, вторая – уменьшается.
4. Механические потери мощности будут уменьшаться.

Изменение суммарных потерь мощности АД определяется соотношениями между отдельными составляющими конкретных АД.

Выбор оптимального варианта построения систем учета электроэнергии на промышленном предприятии

Козловская В. Б., Лобусь А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Смысл создания и использования АСКУЭ (автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии) заключается в постоянной экономии энергоресурсов и финансов предприятия при минимальных начальных одноразовых денежных затратах.

Существуют следующие варианты структурных схем современных АСКУЭ на базе устройств сбора и передачи данных (УСПД):

а) передача информации по локальной сети Intranet/ Internet, канал сотовой связи-GSM модем. Этот стандарт обмена информацией очень популярен в последнее время, т.к. связан с меньшими техническими издержками, позволяет наиболее гибко строить сети сбора информации, постоянно изменять их с увеличением числа абонентов, поскольку можно расширять зону охвата сотового оператора. Единственно, могут возникнуть проблемы с закрытыми структурами провайдеров и относительно дорогой трафик.

б) по кабельной линии связи. Кабельная линия, «экранированная витая пара», эффективно работает на расстояниях до 1 км. Увеличение расстояния требует установки дополнительных устройств, при этом качество передаваемого сигнала существенно снижается.

в) сбор данных со счетчиков через станции АТС по телефонным каналам, радиомодем и сеть 0,4 кВ. PLC-связь (или связь по низковольтной сети) осуществляется непосредственно по сетям 0,4 кВ. Это своеобразная трасса для передачи данных от счетчика к пульту контролера. Система передачи информации по PLC-связи позволяет в режиме реального времени считывать показания со счетчиков, включенных в автоматизированную систему контроля и учета электроэнергии, при этом человеку вовсе не требуется доступ в помещение. Даже хорошая PLC технология может неудовлетворительно работать в старых изношенных сетях. Использование радиомодемного соединения в ряде случаев может быть единственно возможным каналом связи. Особенно хорошо системы работают в условиях хорошей видимости антенны.

Выбор конфигурации автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии зависит от ряда факторов, поэтому необходимо ещё на этапе проектирования таких сетей учитывать конкретные условия производства и расположение потребителей и абонентов находящихся на балансе конкретного объекта хозяйствования.

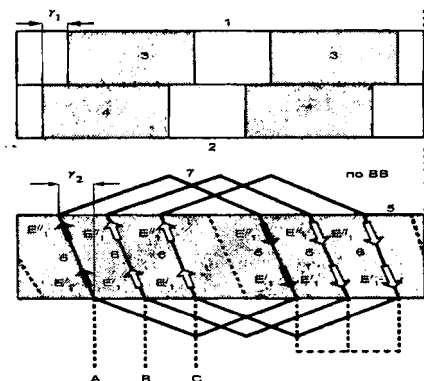
Новая конструкция генератора ветроэнергетической установки

Олешкевич М.М., Олешкевич В.М., Макошко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработана новая конструкция генератора. Это синхронная электрическая машина с возбуждением постоянными магнитами. Она может быть использована в качестве прямоприводного многополюсного синхронного ветро- или гидрогенератора.

Конструкция машины представлена на рисунке. Машина состоит из ротора с парой одинаковых аксиальных пакетов 1 и 2 с полюсами 3 и 4, которые сдвинуты друг относительно друга на $1/5$ или на $1/7$ часть полюсного деления, и статора 5 с обмоткой 7 в пазах 6, которые скошены на $2/7$ части полюсного деления, если полюса пары пакетов ротора сдвинуты друг относительно друга на $1/5$ части полюсного деления, и скошены на $2/5$ часть полюсного деления, если полюса пары пакетов ротора сдвинуты друг относительно друга на $1/7$ часть полюсного деления. Такая конструкция машины обеспечивает подавление 5-ой и 7-ой гармоник и синусоидальную форму кривых ЭДС и МДС при выполнении обмотки однослойной, т.е. без укорочения шага, и при числе пазов на полюс и фазу, равном 1.



Ротор выполняется из минимального количества пар пакетов – одной пары. Статор выполняется только со скосом пазов. Обмотка статора однослойная, может быть выполнена без укорочения шага, и сосредоточенная, может быть выполнена с числом пазов на полюс и фазу, равным 1. Обмотка отличается простотой схемы, упрощением технологии монтажа, более низкой стоимостью по сравнению с известными типами обмоток машин переменного тока, особенно при большом числе полюсов тихоходных машин.

Государственное регулирование и рыночные механизмы в развитии энергоэффективности

Поспелова Т.Г.

Белорусский национальный технический университет

Основа государственной политики энергоэффективности (ЭЭ) в Беларуси – централизация управления и государственное регулирование. Созданные институциональные структуры, административные методы, экономические стимулы позволили добиться высоких результатов. В нынешних условиях актуально развитие рыночных механизмов. Рассмотрено состояние рынков, связанных с ЭЭ:

1. Рынок энергоэффективных технологий и оборудования: существуют спрос, конкурентная среда, тендерная система; барьеры - недостаточная изученность соответствия технологий местным условиям, отсутствие стандартов.

2. Рынки энергоэффективного производства, распределения и сбыта энергетической продукции: с одной стороны, - осторожные подвижки (госуправление отделено от хозяйственной деятельности, сбыт - от генерации, передачи и распределения, доступ к сети независимых производителей и покупка производимой ими энергии, с другой, – понимание нецелесообразности отказа от монополии в текущий момент.

Риски независимых производителей связаны с бюрократическими барьерами, нечеткостью правового регулирования. Иностранные компании проявляют интерес к строительству объектов генерации. Решающее значение имеет государственная поддержка. Фактически применяется схема фиксированных надбавок. Размеры и сроки действующих надбавок вызывают вопросы в отношении сбалансированности интересов государства и частного бизнеса.

3. Специфические формы бизнеса – ЭСКО, белые сертификаты и механизмы КИОТО находятся на начальном этапе внедрения в республике.

4. Рынок инжиниринговых и консалтинговых услуг развивается, хотя и с известными барьерами, требуют развития услуги по проектному сопровождению строительства энергообъектов под ключ.

ВЫВОД: В настоящее время для развития ЭЭ важны: скоординированные усилия (партнерство) государства и бизнеса (PPP), активное введение рыночных механизмов на государственном и муниципальном уровнях, просвещение и накопление опыта по применению эффективных финансовых схем и механизмов привлечения инвестиций.

Определение совмещенного максимума нагрузки потребителей электроэнергии

Радкевич В.Н., Козловская В.Б., Трифонова О.А.
Белорусский национальный технический университет

На производственных объектах с присоединенной мощностью 750 кВт·А и выше для расчетов за электроэнергию необходимо фиксировать потребляемую максимальную активную мощность в часы больших нагрузок энергосистемы и количество израсходованной электроэнергии.

Договорная величина активной мощности, участвующей в максимуме нагрузки энергосистемы, периодически контролируется электроснабжающей организацией по фактическому средневзвешенному получасовому максимуму нагрузки потребителя по показаниям приборов учета.

Электроснабжение промышленных предприятий, как правило, осуществляется по нескольким питающим линиям, работающим раздельно. В этом случае за расчетную максимальную нагрузку предприятия принимается совмещенный максимум нагрузки в часы наибольших нагрузок энергосистемы. Для его определения необходимо устанавливать специальное устройство, суммирующее нагрузки питающих линий (сумматор), или применять автоматизированную систему контроля и учета электроэнергии. В реальных условиях работы на многих промышленных объектах такие приборы отсутствуют.

При питании потребителя по двум и более линиям напряжением 6 - 10 кВ результирующая максимальная нагрузка предприятия, не имеющего автоматизированную систему контроля и учета электроэнергии, может быть определена суммированием максимумов нагрузок отдельных питающих линий с учетом коэффициента одновременности.

Для этого на основе инструктивных материалов по определению фактических значений основных параметров электропотребления разработана методика, по которой можно рассчитывать коэффициент одновременности.

Расчет коэффициента одновременности производится по результатам измерений получасовых расходов электроэнергии для каждой питающей линии в часы максимума энергосистемы.

Применение коэффициента одновременности для оценки совмещенного максимума активной мощности предприятия в часы наибольших нагрузок энергосистемы способствует повышению точности расчетов за электропотребление с энергоснабжающей организацией.

Особенности расчета электрического освещения при использовании источников света на пониженном напряжении

Сацукевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Последние годы широкое распространение получили галогенные лампы, которые являются высокотемпературными излучателями: спираль из тугоплавкого материала помещенная в колбу, наполненную инертным газом, раскаляется под воздействием электрического тока, в результате чего генерируется свет и тепло. Галогенные лампы имеют два основных исполнения: с закрепленным на колбе отражателем и без него. Галогенная лампа с отражателем представляет собой готовый световой прибор. Зеркальные стеклянные отражатели имеют многослойное интерференционное покрытие, отражающее только видимые лучи и пропускающие инфракрасные лучи (ИК) в окружающее пространство за отражателем. Содержание ИК - лучей в световом пучке этих ламп снижено примерно на 65% (так называемые лампы "холодного света").

Проведенные исследования показали, что галогенные лампы с узким световым пучком можно отнести к светильникам с КСС типа К, с широким – с КСС типа Г, что позволяет применять их для освещения в помещениях с высотой до 5 м, а их расположение относительно друга определяется известными соотношениями. Номенклатура галогенных ламп содержит лампы сетевого и низкого напряжения. Лампы низкого напряжения работают от источников 6, 12 и 24 В. Одним из преимуществ ламп низкого напряжения является их более высокая светоотдача, что обусловлено увеличением тока, проходящего по телу накала. Лампы низкого напряжения обеспечивают большую световую отдачу при том же расходе электроэнергии, вследствие более высокой температуры спирали; более продолжительный срок службы благодаря постоянному обновлению нити накаливания; стабильный уровень светоотдачи в течение всего срока службы, поскольку не происходит почернения колбы. К недостаткам ламп низкого напряжения следует отнести необходимость применения понижающих трансформаторов. В расчетах следует учитывать потери в трансформаторах и линиях, т.к. галогенные лампы очень чувствительны к снижению напряжения. Снижение напряжения на 11% сопровождается уменьшением светоотдачи ламп на 30%. Таким образом, при сравнении низковольтных галогенных ламп с лампами сетевого напряжения на данном этапе исследования можно говорить о целесообразности использования именно галогенных ламп низкого напряжения.

Особенности расчета величины технологического расхода электрической энергии на ее транспортировку на участке сети от границы балансовой принадлежности между потребителем и энергоснабжающей организацией до места установки средств расчетного учета электрической энергии

Павловец В.В.

Белорусский национальный технический университет

Как правило, средства расчетного учета электрической энергии устанавливаются на границе балансовой принадлежности электрической сети. Но при установке приборов не на границе балансовой принадлежности технологический расход электроэнергии на ее транспортировку на участке от границы до места установки измерительных приборов средств расчетного учета (трансформаторов тока либо электросчетчиков в случае их прямого включения в схему измерений) относится на счет потребителя (абонента), на балансе которого находится указанный участок электрической сети. Порядок расчета технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку указывается в договоре на электроснабжение. По соглашению энергоснабжающей организации с потребителем могут не учитываться потери электроэнергии, незначительные по величине, на затрудняющие расчеты между организациями. К таким потерям можно отнести:

- потери в линиях электропередач, питающих трансформаторы, работающих на холостом ходу;
- потери в воздушных линиях, протяженностью менее 0,01 км;
- потери в кабельных линиях, протяженностью менее 0,05 км;
- потери на корону в линиях напряжением менее 110 кВ;
- потери в последующих элементах электрической сети от расчета потерь в предыдущих элементах.

Величина технологического расхода электроэнергии на ее транспортировку суммируется с расходом электроэнергии по показаниям средств расчетного учета и предъявляется ежемесячно к оплате потребителю.

Для расчета ТРЭТ используются показания средств расчетного (технологического) учета активной W_a и реактивной W_p электрической энергии, а также число часов работы за месяц трансформаторов, воздушных и кабельных линий T_n . Если информацию о месячном потреблении реактивной энергии W_p по показаниям средств учета реактивной электрической энергии получить невозможно, то величина W_p определяется по формуле $W_p = W_a \cdot 0,3288$.

**Деятельность Минского электротехнического завода
им. В.И. Козлова в сложившихся финансово-экономических условиях
на рынке**

Стабровский Л.М., Лосев А.В.
Минский электротехнический завод

В 2009 г. Минский электротехнический завод под влиянием внешних факторов финансово-экономического кризиса снизил объемы отгрузки продукции на внешний рынок и, как следствие, уменьшилось поступление денежных средств на завод. Однако процесс развития предприятия в части модернизации производства и разработки новой продукции необходимо продолжать для сохранения устойчивой позиции предприятия на рынке.

В связи с этим продолжают работы по разработке серии силовых распределительных масляных трансформаторов типа ТМГ-12 мощностью 400, 630, 1000 и 1250 кВА со сниженными потерями холостого хода и короткого замыкания. Запущен в серийное производство типа ТМГ 11 мощностью 1250 кВА на высшее номинальное напряжение $U_{вн}=20$ кВ для обеспечения потребности строительства новых сетей напряжением 20 кВ в г. Москве. Находятся в разработке трансформатор силовой масляный типа ТМГ мощностью 2500 кВА, а также сухие распределительные трансформаторы мощностью от 400 до 1000 кВА с изоляцией «Номекс». Запущены в серийное производство измерительные трансформаторы тока на номинальные токи 1000, 1500 и 2000 А с классом точности 0,5 и 0,5S, и разрабатываются трансформаторы напряжения с шихтованным магнитопроводом. Ведется работа в рамках лицензионного соглашения с компанией «Шнейдер Электрик» по осуществлению сборки на УП «МЭТЗ им. В.И. Козлова» шкафов серии ОККЕН напряжением 0,4 кВ. Проводится большая работа по индивидуальным заказам потребителей на комплектные трансформаторные подстанции (КТП) с применением специальной аппаратуры и микропроцессорных устройств. Не останавливается процесс модернизации производства на основе закупки нового технологического оборудования, в том числе: линий производства пластик магнитопровода силовых трансформаторов; роботизированного комплекса сварки гофробаков силовых масляных трансформаторов; листообрабатывающих комплексов для обработки металла; линии и станки по производству токоведущих частей (шин).

Указанные направления и мероприятия являются приоритетными и в перспективе позволят предприятию сохранить лидерство в области производства электротехнической продукции среди производителей стран СНГ.

Влияние длины подпролета на величину первого максимума тяжения проводов расщепленной фазы

Андрукевич А.П.

Белорусский национальный технический университет

При определенном сочетании конструктивных параметров расщепленной фазы и величины тока короткого замыкания (КЗ) возникает схлестывание проводов фазы. Время от начала КЗ до момента их схлестывания определяется величиной тока КЗ, расстоянием между проводами и их массой. При достаточно больших токах КЗ схлестывание наступает уже через несколько периодов промышленной частоты.

Отличительной особенностью расщепленной фазы является наличие трех максимумов тяжения сдвинутых во времени. Первый максимум тяжения $T_{1\max}$ возникает в момент максимального стягивания проводов внутри фазы. Так же существуют второй ($T_{2\max}$) и третий ($T_{3\max}$) максимумы тяжений. Последние два максимума тяжений характерны как для одиночных проводов, так и для проводов расщепленной фазы.

На кафедре «Электрические станции» БНТУ была разработана компьютерная программа FAZA, в которой реализуется численный метод динамики расщепленной фазы при коротком замыкании. В настоящее время ведутся работы по разработке упрощенного метода расчета $T_{1\max}$.

Значительное влияние на величину первого максимума тяжения оказывает установка дистанционных распорок (рисунок 1). Это подтверждается результатами расчетов проведенных на кафедре «Электрические станции» БНТУ. Канадские исследователи Крейг и Форд также провели ряд экспериментальных исследований и расчетов, которые согласуются с результатами, полученными в БНТУ.

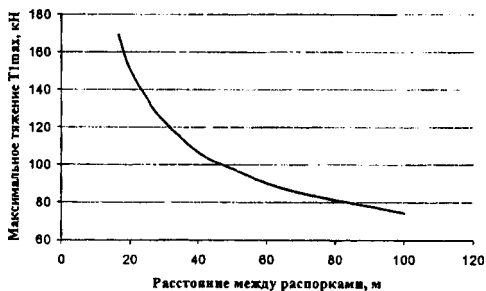


Рисунок 1 – Зависимость $T_{1\max}$ от расстояния между распорками (провод 4хАС500/64, ток КЗ 30 кА, начальное тяжение 36,9 кН)

Графічны інтэрфейс праграмы для разліку токаў кароткага замыкання

Бобка М.М., Гарачка М.Г.

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

Сучасныя сродкі вылічальнай тэхнікі дазваляюць аўтаматызаваць працэс пабудовы схемы замышчэння пры разліку токаў кароткага замыкання (КЗ). Такі падыход рэалізаваны ў праграме для разліку токаў КЗ ў сетках напружаннем 0,4 кВ, распрацаванай на кафедры «Электрычныя станцыі».

Графічны інтэрфейс распрацаваны на аснове функцый графічнай бібліятэкі OpenGL. Пабудова разліковай схемы энергасістэмы ў графічнай форме і заданне яе параметраў выконваецца апэратарам на экране дысплея. Адначасова праграмай ў памяці ЭВМ выконваецца пабудова схемы замышчэння. Вузлы разліковай схемы і схемы замышчэння нумаруюцца праграмай. Кожны элемент разліковай схемы прадстаўляецца адной галіной, для якой запамінаюцца нумары двух канцоў, актыўнае і рэактыўнае супраціўленне і электрарухаючая сіла і прызнак элемента (трансфарматар, лінія і г.д.). Адначасова выконваецца фармаванне схем прамой, зваротнай і нулявой паслядоўнасцяў.

Разлік велічынь супраціўленняў выконваецца на аснове параметраў элементаў схемы, якія захоўваюцца ў базе дадзеных. Выбарка параметраў элементаў з базы выконваецца па абазначэнню тыпа элемента.

Тыпы элементаў задаюцца на схеме пры яе пабудове на экране. База дадзеных можа рэдагавацца апэратарам. У базу дадзеных заносзяцца абазначэнні тыпа новых элементаў і іх параметры, неабходныя для разліку токаў КЗ.

Кожнаму элементу электрычнай схемы адпавядае арыгінальнае акно, у якім прадугледжана прадстаўленне ўсіх патрэбных для пазліку параметраў элемента. Пасля заканчэння фармавання схемы замышчэння і задання вузла КЗ яна перадаецца ў праграму для разліку токаў КЗ.

Разлік токаў КЗ выконваецца для двух значэнняў часу: для $t=0$ і для задзенага моманту часу. Рэзультатамі разліку з'яўляюцца: перыядычная складовая тока КЗ у вузле КЗ і ва ўсіх галінах схемы для ўсіх відаў КЗ. Рэзультаты разліку запісваюцца праграмай ў асобны файл для захавання ў памяці або для вываду на друк.

Распрацаваны інтэрфейс забяспечвае адсутнасць памылак пры пабудове схем замышчэння, дазваляе павысіць дакладнасць і хуткасць разліку токаў КЗ, асабліва пры прымяненні камплексных схем замышчэння.

Влияние режима заземления нейтрали распределительной сети на уровни внутренних перенапряжений

Бохан А.Н., Прохоренко С.Н.

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

Внутренние перенапряжения подразделяют на квазистационарные (достаточно продолжительные по времени) и коммутационные. Снижение внутренних перенапряжений до приемлемых уровней может обеспечиваться применением соответствующих устройств ограничения перенапряжений (разрядников, ОПН и др.), а также оптимального режима заземления нейтрали. В распределительных сетях среднего напряжения, в зависимости от параметров электрической сети, могут применяться следующие режимы нейтрали: незаземленная, резистивно-заземленная (с высокоомным и низкоомным заземлением), резонансно заземленная (через дугогасительный реактор (ДГР), заземленная через пороговый элемент.

Для кабельных электрических сетей в настоящее время не разработаны четкие рекомендации по выбору режима заземления нейтрали (ДГК, высокоомное или низкоомное заземление).

Выполненные исследования, как на математических моделях, так и экспериментальные, позволили установить, что наибольшие уровни перенапряжений при замыканиях на землю наблюдаются в сетях с незаземленной нейтралью и малым током замыкания на землю (меньше 10 А) при перемежающейся дуге в месте замыкания. Применение высокоомного заземления нейтрали в таких случаях, как правило, позволяет снизить перенапряжения до приемлемых уровней.

Компенсация емкостных токов с помощью ДГР способствует снижению перенапряжений в сети. Несимметричные режимы могут сопровождаться резонансными перенапряжениями. Снижение перенапряжений при отклонении параметров дугогасящего реактора от резонансной настройки возможно включением высокоомного резистора параллельно ДГР.

Заземление нейтрали через пороговый элемент в настоящее время распространения не получило. Техническая реализация данного способа заземления нейтрали в сетях 6, 10 кВ не представляет большой сложности. В качестве порогового элемента может быть использован симистор соответствующего класса напряжения. В нормальном режиме, а также при замыканиях на землю, не сопровождающихся перенапряжениями, нейтраль не заземлена. Если напряжение в нейтрали превышает допустимое значение, через пороговый элемент она подключается к земле посредством резистора или ОПН с пониженным уровнем ограничения.

Применение ОПН для ограничения перенапряжений в распределительных сетях среднего напряжения

Бохан А.Н., Прохоренко С.Н.

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

Способность ограничителя перенапряжений (ОПН) ограничивать перенапряжения оценивается номинальным напряжением, статической вольт-амперной характеристикой, а также остающимся напряжением при стандартном коммутационном (30/60 мкс) и грозовом (8/20 мкс) импульсах тока. Можно полагать, что величина остающегося напряжения на ОПН зависит от внутреннего сопротивления источника испытательного напряжения, а скорость перехода ОПН в проводящее состояние зависит от удельного энерговыделения в материале ОПН.

Для исследования внутренних перенапряжений в электрических сетях с ограничителем перенапряжений необходимо учитывать характеристики источника перенапряжений при определении динамических параметров ОПН. В сетях с малыми токами замыкания на землю необходимо учитывать режим заземления нейтрали сети. При включении ОПН между фазой и землей внутреннее сопротивление источника сигнала велико, т.к. оно зависит от режима заземления нейтрали. Выполненные исследования показывают, что в данных условиях постоянная времени запаздывания при переходе ограничителя перенапряжений в проводящее состояние может составлять 120-160 мкс. Очевидно, что при этом эффективность ОПН как средства ограничения перенапряжений снижается.

Коммутационные перенапряжения обусловлены, в основном, срезом тока при отключении выключателя. Амплитуду возможных перенапряжений

можно получить из энергетических соотношений $U_m = \sqrt{\frac{L_n}{C}} i_{cp}$. Срез

тока приводит к разделению цепей источника и нагрузки. Наибольшую опасность представляют перенапряжения в цепях нагрузки. Это обусловлено параметрами цепи L_n и C . Для ограничения указанных перенапряжений целесообразно применять включение ОПН на междуфазное напряжение со стороны нагрузки. При этом инерционность срабатывания ОПН соответствует стандартному коммутационному импульсу тока. Подключение ОПН между «фазой» и «землей» не эффективно для защиты фазной изоляции вследствие большого времени запаздывания при переходе в проводящее состояние.

Применение глубинных вертикальных заземлителей для снижения входного сопротивления заземляющего устройства

Бохан Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Необходимость и целесообразность применения глубинных составных вертикальных заземлителей в электросетевом строительстве обосновывается двумя основными факторами:

- такие заземлители могут достигать нижележащих слоев земли с низким удельным сопротивлением, что способствует снижению их входного сопротивления;
- сезонный коэффициент таких заземлителей при их длине 10 м и выше приблизительно равен 1.

Если электрическая структура земли однородна или характеризуется тенденцией увеличения проводимости слоев земли при увеличении глубины погружения, то чем глубже погружается заземлитель, тем меньше его входное сопротивление. Погружение заземлителя осуществляется на расчетную глубину, либо до достижения необходимой величины его входного сопротивления.

В противном случае принципиальной становится задача по определению эффективной длины составных заземлителей при их погружении в землю. Задача упрощается, когда в месте сооружения составных заземлителей имеется информация о геоэлектрическом разрезе земли с указанием мощности слоев и удельного сопротивления слоев. В таких случаях эффективная длина составных заземлителей определяется на основе данных по геоэлектрическому разрезу земли. В случаях, когда информация о геоэлектрическом разрезе земли отсутствует, определить эффективную длину составных заземлителей можно только в процессе их погружения в землю по величине измеренного входного сопротивления заземлителей.

Эффективная длина составных заземлителей определяется по количеству секций $n_{эж}$, при которых соблюдается условие:

$$K_{эф} = \frac{l_{эб}}{l_{эж}} \cdot \frac{R_{эб}}{R_{эж}} \geq 0,9,$$

где $l_{эб}$ – базовая длина электрода (принимается длина стандартного электрода 5 м или любая другая); $l_{эж}$ – длина погруженного составного заземлителя (определяется произведением длины секции на количество погруженных секций); $R_{эб}$ – измеренное сопротивление базового электрода; $R_{эж}$ – измеренное сопротивление погруженного составного заземлителя.

Влияние величины резистора для заземления нейтрали сетей 6–35 кВ на снижение уровня перенапряжений

Бохан Н.В., Резник М.С.

Белорусский национальный технический университет

Вводится коэффициент отражения β_n , который характеризует степень отражения падающей волны перенапряжений:

$$\beta_n = \frac{Z_n - Z_b}{Z_n + Z_b},$$

где Z_n – сопротивление нагрузки, Ом; Z_b – волновое сопротивление фазного провода линии, Ом.

При $\beta_n < 1$ уровень перенапряжений хотя и снижается, но имеет повышенную величину по сравнению с величинами при других значениях коэффициента отражения.

При $\beta_n = 0$ характеризуется оптимальным уровнем перенапряжений;

При $\beta_n > -1$ – значительным снижением уровня перенапряжений.

Выбора резистора по условию перенапряжений разрабатывают при $\beta_n = 0$, что соответствует оптимальному уровню перенапряжений.

В практическом отношении нормирование сопротивления резисторов R_p целесообразно представлять в виде

– для низкоомного резистора

$$R_p = \frac{Z_b X_c}{\sqrt{Z_b^2 + X_c^2}}; R_p = \frac{Z_b U_\phi}{\sqrt{(Z_b I_c)^2 + U_\phi^2}};$$

– для высокоомного резистора, обеспечивающего повышенный допустимый уровень перенапряжений

$$R_p = Z_b \left(1 + \frac{X_c}{\sqrt{Z_b^2 + X_c^2}} \right); R_p = Z_b \left(1 + \frac{U_\phi}{\sqrt{(Z_b I_c)^2 + U_\phi^2}} \right);$$

– для высокоомного резистора, обеспечивающего повышенный недопустимый уровень перенапряжений, но достаточный для организации работы автоматики на сигнал

$$R_p > Z_b \left(2 + \frac{X_c}{\sqrt{Z_b^2 + X_c^2}} \right); R_p > Z_b \left(2 + \frac{U_\phi}{\sqrt{(Z_b I_c)^2 + U_\phi^2}} \right).$$

Подготовка специалистов по заочной форме обучения

Булат В.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на энергетическом факультете ведется подготовка инженеров-энергетиков по заочной форме обучения по 6 специальностям: 1-43 01 02 – «Электроэнергетические системы и сети; 1-43 01 03 – «Электроснабжение»; 1-43 01 04 – «Тепловые электрические станции»; 1-43 01 05 – «Промышленная теплоэнергетика»; 1-27 01 01. – «Экономика и организация производства»; 1-53 01 04 – «Автоматизация и управление энергетическими процессами».

С 2002 г. план набора на бюджетную форму обучения ежегодно составляет 90 человек. Вместе с тем, значительное количество студентов обучается на договорной основе. Так контингент студентов-заочников на 01.01.2009 составил 1917 человек. Из них 1413 человек обучается по договорам, что составляет порядка 73 % от общего числа студентов. Всего на факультете насчитывается 70 групп. Наполняемость групп достаточно высокая – от 20 до 30 человек.

Занятия со студентами-заочниками ведут около 130 высококвалифицированных преподавателей. Среди них 12 докторов технических наук и 60 кандидатов технических наук. Успеваемость студентов по результатам лабораторно-экзаменационных сессий за последние 3 года колеблется на уровне 63–74 %.

Методическое обеспечение учебного процесса осуществляется через библиотеку университета, методический кабинет заочника, функционирующий при библиотеке, где подобраны учебно-методические комплексы почти по всем общеобразовательным, общетехническим и специальным дисциплинам. Значительную часть методических пособий студенты могут получать в электронном виде в центре электронных ресурсов библиотеки, а также ксерокопируя их.

Ежегодно, в основном за академическую неуспеваемость, отчисляется порядка 10–12 % студентов. При этом количество восстанавливаемых в число студентов составляет примерно 8–8,5 %.

В 2008 г. на энергетическом факультете было выпущено 281 дипломированных специалистов.

Из общего числа выпускников на отлично защитили дипломные проекты – 13,5 %, на хорошо – 38,4 % и удовлетворительно – 48,1 %. Один человек получил диплом с отличием.

Разлік падоўжнай несіметрыі з дапамогай праграмы для разліку токаў кароткага замыкання

Булойчык А.В.

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

Пры праектаванні некаторых фільтравых рэлейных засцярог неабходна выконваць разлік сіметрычных складовых токаў пры разрывах адной або двух фаз трохфазнай сістэмы ў зададзеным элеменце сувязі разліковай схемы энергасістэмы. Як вядома [1], несіметрычнае кароткае замыканне (КЗ) з'яўляецца папярэчным відам несіметрыі, а разрывы фаз з'яўляюцца ўздоўжнымі відамі несіметрыі. Для разліку рэжымаў кароткага кароткага замыкання і абрыву фаз можна выкарыстаць адну праграму. У аснову праграмы ТКЗ, распрацаванай для мэт навучальнага працэсу, пакладзены алгарытм згорткі схемы да вузла кароткага замыкання.

У дадзенай рабоце выканана мадыфікацыя праграмы ТКЗ, якая прызначана для разліку несіметрычных відаў кароткага замыкання, для разліку рэжымаў ўздоўжнай несіметрыі пры абрывах адной або двух фаз ліній электраперадачы.

У гэтай праграме ўваходная інфармацыя аб галінах схемы замяшчэння прадстаўляецца ў спісавай форме, а згортка схемы да зададзенага вузла КЗ выконваецца з дапамогай асобнай падпраграмы. Згортка схем замяшчэння прамай і нулявой паслядоўнасцяў выконваецца шляхам паслядоўнага выдалення вузлоў, і такім чынам схема згортваецца да вузла кароткага замыкання.

У выходнай праграме згортка схемы выконваецца да двух вузлоў, з якіх адзін з'яўляецца вузлом КЗ, а другі – вузлом нулявога патэнцыяла. Для згорткі схемы ў мадыфікаванай праграме выкарыстоўваецца тая ж падпраграма, што і для разліку тока КЗ, але згортка выконваецца да двух вузлоў схемы, якія адпавядаюць двум канцам разарванай лініі.

Асноўная інфармацыя аб разліковай схеме, якая задаецца ва ўваходных дадзеных для разліку рэжыму кароткага замыкання, выкарыстоўваецца і для разліку рэжыму ўздоўжнай несіметрыі. Дадаткова для ліній, на якіх неабходны разлік рэжыму ўздоўжнай несіметрыі, задаецца адносна даўжыня лініі, дзе мае месца разрыў, і прызнак віду разрыву.

Літаратура

1. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы / С.А. Ульянов. – М.: Энергия, 1970.

Применение регрессионного анализа для нормирования расходов электроэнергии образовательных учреждений

Вагин Г.Я., Солнцев Е.Б., Бугров С.А.

ГОУ ВПО Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева

Для разработки норм расхода электроэнергии образовательными учреждениями (ОУ) на уровне городов, областей и министерства весьма перспективно использовать статистические данные по полным и удельным расходам электроэнергии полученных на основании энергоаудита или статистической отчетности.

Применение статистических моделей для описания закономерностей электропотребления образовательных учреждений одного назначения обусловленного тем, что для них характерен устойчивый и однотипный режим работы и состав электроприемников.

Улучшение адекватности модели в условиях пассивного эксперимента обычно связано с поиском компромисса между двумя противоречивыми требованиями; введение в модель как можно большего числа факторов для обеспечения требуемой точности прогноза и уменьшения числа независимых переменных ввиду трудности или невозможности получения большого количества информации.

Применительно к задачам нормирования расходов электроэнергии в образовательных учреждениях линейная модель регрессии имеет вид:

$$1) W_{30} = A_0 + \sum_{j=1}^k A_j F_j + e \text{ при нормировании на единицу площади;}$$

$$2) W_{30} = B_0 + \sum_{j=1}^y B_j N_j + e \text{ при нормировании на одного человека,}$$

где A_0 , B_0 , A_j , B_j – коэффициенты, статистические оценки параметров уравнения регрессии; F_j – площади полов здания, m^2 ; N_j – количество человек в здании; k – число зданий, учреждений.

Данные характеристики также можно построить методом регрессионного анализа на основе следующей статистической информации: площади ОУ (F_i) или численность учащихся за год (N_i) и расхода электроэнергии за год (W_i), т.е. определив удельный расход электроэнергии на одного человека и на $1 m^2$ площади:

$$1) \omega_f = A_0 - A_1 F \text{ при нормировании по удельному расходу на } 1 m^2;$$

$$2) \omega_n = B_0 - B_1 N \text{ при нормировании по удельному расходу на } 1 \text{ человека.}$$

Применение метода сеток при расчете заземляющих устройств

Герасимович Д.А., Дерюгина Е.А.

Белорусский национальный технический университет

В докладе представлен метод расчета параметров электромагнитного поля уединенного бесконечно длинного стержневого заземлителя трубчатого сечения при стекании в землю переменного тока промышленной частоты, применяя метод сеток.

Дифференциальные уравнения поля можно разрешить относительно любой из компонент поля. Для цилиндрической системы координат, с учетом симметрии системы относительно угловой координаты, уравнения поля сводятся к уравнению относительно плотности тока

$$\frac{1}{r} \frac{\partial \dot{\sigma}_m(r, z)}{\partial r} + \frac{\partial^2 \dot{\sigma}_m(r, z)}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \dot{\sigma}_m(r, z)}{\partial z^2} = \alpha^2 \dot{\sigma}_m(r, z). \quad (1)$$

Для разностной сетки первые и вторые производные по осям r и z в (1) аппроксимируются центральными разностными соотношениями и уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{1}{r_l} \frac{\dot{\sigma}_{ml+1,k} - \dot{\sigma}_{ml-1,k}}{2\Delta r} + \frac{\dot{\sigma}_{ml+1,k} - 2\dot{\sigma}_{ml,k} + \dot{\sigma}_{ml-1,k}}{\Delta r^2} + \frac{\dot{\sigma}_{ml,k+1} - 2\dot{\sigma}_{ml,k} + \dot{\sigma}_{ml,k-1}}{\Delta z^2} = \alpha^2 \dot{\sigma}_{ml,k} \quad (2)$$

Для нахождения плотности тока $\dot{\sigma}_{ml,k}$ приведем (2) к виду

$$a_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k-1} + c_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k} + b_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k+1} = d_{l,k} \dot{\sigma}_{ml-1,k} + f_{l,k} \dot{\sigma}_{ml+1,k}. \quad (3)$$

Очевидно, что уравнение (3) удовлетворяет условиям хорошей обусловленности относительно $\dot{\sigma}_{ml,k-1}$, $\dot{\sigma}_{ml,k}$ и $\dot{\sigma}_{ml,k+1}$, т.е.

$$|a_{l,k}| + |b_{l,k}| \leq |c_{l,k}|, \quad (4)$$

при любых соотношениях между шагами Δr и Δz .

Решение (3) осуществляется методом прогонки в сочетании с методом итераций. Прогоночные коэффициенты определяются выражениями:

$$L_{l,k} = \frac{-b_{l,k}}{c_{l,k} + a_{l,k} L_{l-1,k}}; K_{l,k} = \frac{F_{l,k} - a_{l,k} K_{l-1,k}}{c_{l,k} + a_{l,k} L_{l-1,k}}, \quad (5)$$

где $F_{l,k} = d_{l,k} \dot{\sigma}_{ml-1,k} + f_{l,k} \dot{\sigma}_{ml+1,k}$.

По известным прогоночным коэффициентам (5) рассчитываются величины плотности тока в узлах расчетной сетки:

$$\dot{\sigma}_{ml,k} = L_{l,k} \dot{\sigma}_{ml,k+1} + K_{l,k}.$$

Дерюгина Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Аналитическое исследование переходных процессов при протекании по заземляющим устройствам импульсных токов, вызванных при ударах молнии и коммутациях, связано с большими математическими трудностями, обусловленными также необходимостью учитывать распределенные электрические параметры заземлителей, явление поверхностного эффекта, резкую нелинейность удельного сопротивления земли при искрообразовании и др. Имитационное моделирование также отличается значительной сложностью как самих экспериментальных установок, так и техникой выполнения эксперимента и обработкой его результатов.

В общем случае заземлитель при прохождении импульсных токов представляет собой совокупность элементов, содержащих активную и емкостную проводимость грунта, активное и индуктивное продольное сопротивление. Задача расчета оказывается при этом очень сложной, особенно если учитывать нелинейную зависимость активной проводимости от напряжения. Решение получают с помощью уравнений длинных линий с распределенными постоянными или путем приведения их к П-образным схемам замещения. При этом учитывается различие активной проводимости в начале (место входа тока) и в конце заземлителя.

Подобные задачи возникают для заземлителей очень больших размеров. В большинстве практических случаев они могут рассматриваться как сосредоточенные, когда нет необходимости учитывать продольное активное и индуктивное сопротивление, и задача сводится к учету ионизации и пробоя грунта около электродов.

В Московском энергетическом институте в 50–70-х годах в научной школе в области техники высоких напряжений было выполнено много работ в теории заземляющих устройств при протекании импульсных токов. Так же разработаны численные методы применительно к сосредоточенным и горизонтальным протяженным заземлителям и методы расчета импульсных сопротивлений, в основу которых положена динамическая модель развития ионизации в грунте под действием импульсного тока.

Важные результаты в имитационном моделировании были получены Рябковой Е.Я., которые послужили основой для современных таблиц импульсных коэффициентов сопротивления заземлителей, позволяющих переходить от значения их сопротивления в установившемся режиме к значению в импульсном режиме.

**Режимы работы потребителей
с кусочно-непрерывными расходными характеристиками
и собственными источниками электроэнергии**

Колесник Ю.Н., Иванейчик А.В.

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

Установлено, что в зависимости от заданных условий, оптимальных режимов работы потребителей с кусочно-непрерывными расходными характеристиками и собственными источниками электроэнергии может быть несколько: режим с наименьшим электропотреблением, режим с заданным потреблением электроэнергии из энергосистемы, режим с наименьшими затратами на производство продукции, а так же оптимальный режим работы оборудования, при котором достигается минимум расхода электроэнергии и минимум затрат на производство продукции.

В результате исследований были получены математические модели для определения каждого из предложенных режимов работы оборудования и собственных источников электроэнергии.

Исследования на основе полученных математических моделей сейчас производятся на таких предприятиях как ОАО «Мозырьсоль», РУП ГЛЗ «Центролит», а так же на РУП «ГЗЛиН».

Так, для ОАО «Мозырьсоль» режим минимального либо заданного потребления электроэнергии из энергосистемы будет описываться следующим выражением:

$$W_c = \begin{cases} 0,0395 \cdot V + 0,454 & \text{при } 21 \leq V \leq 38 \\ 0,0131 \cdot V + 1,9532 & \text{при } 38 < V \leq 60 \end{cases} - (2 \cdot 10^{-4} \cdot Q + 0,0382),$$

где V – часовой объём производства, у. е.; Q – часовой расход топлива на генерацию электроэнергии собственными источниками.

В результате исследований было установлено, что режим генерации электроэнергии может меняться в зависимости от объёмов производства, режима работы технологического оборудования, вида тарифа на электроэнергию, а так же стоимости электроэнергии в различных временных интервалах.

Полученные на данном этапе исследования математические модели в дальнейшем позволят выполнить комплексную оценку эффективности и потенциала энергосбережения за счёт управления режимами электропотребления и генерации электроэнергии собственными источниками электроэнергии предприятий.

**Разработка математических моделей
с целью повышения эффективности электропотребления
при управлении технологическим оборудованием
с кусочно-непрерывными характеристиками**

Колесник Ю.Н., Ус А.Г., Иванейчик А.В., Кузеро А.М.
Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

При разработке математической модели электропотребления технологического оборудования с кусочно-непрерывными расходными характеристиками, с целью повышения достоверности математической модели, необходимо учитывать факторы, влияющие на режим электропотребления оборудования, такие как: сезонный фактор, качество сырьевого материала, загрузка оборудования, последовательность загрузки оборудования и другие, связанные с технологическим процессом предприятия. Так, например, электропотребление индукционных тигельных печей завода «Центролит» зависит от таких основных факторов как: режим работы печей (расходная характеристика), распределение нагрузки между печами, величина зумпфа, толщина футеровки, подготовка и организация загрузки шихты. Произведен всесторонний анализ каждого из факторов и установлена их взаимосвязь с удельным расходом электрической энергии. Было произведено ранжирование всего диапазона производительности, с учетом полученных удельных расходных характеристик и производительности каждой печи, и получена кусочно-непрерывная модель электропотребления (рисунок 1).

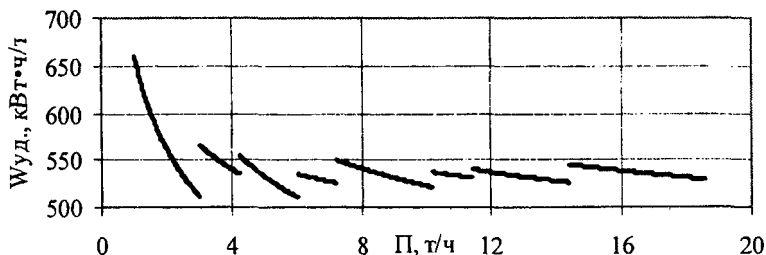


Рисунок 1. Кусочно-непрерывная модель электропотребления индукционных печей РУП ГЛЗ «Центролит»

Таким образом, на основе разработанной модели был получен оптимальный режим работы оборудования в зависимости от суточного объёма плавки и даны рекомендации по работе оборудования при различных объёмах плавки.

Климкович Н.И.

Государственный институт управления и социальных технологий

Одним из основных критериев эффективного управления предприятием и создания высококачественной продукции является система менеджмента качества (СМК), соответствующая требованиям международных стандартов ИСО серии 9000. Актуальность внедрения и сертификации СМК на отечественных предприятиях определяется перспективой вхождения Беларуси в ВТО, где взаимосвязанные понятия «качество», «конкурентоспособность» и «эффективное управление» являются основополагающими и обязательными для всех стран-участников ВТО.

Создание систем менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО серии 9000 и дальнейшее совершенствование менеджмента качества на предприятиях являются одним из факторов успешного решения таких проблем как: повышение качества продукции как важной составляющей роста эффективности производства, обеспечение конкурентоспособности отечественных предприятий и их продукции на внешнем и внутреннем рынках, модернизация общей системы управления фирмой. Отличительной особенностью стандартов ИСО серии 9000 является то, что они направлены на улучшение не только качества продукции, но и деятельности предприятия в целом. Необходимо отметить, что менеджмент качества продукции осуществляется путем управления процессами, формирующими качество выполняемых работ. Это возможно при реализации в организации основных управленческих функций: взаимодействия с внешней средой, формирования политики и планирования качества, обучения и мотивации персонала, организации работ по качеству, контроля качества, информации о качестве, разработки мероприятий по улучшению качества, внедрения мероприятий. Все эти функции связаны между собой и в совокупности формируют процесс управления качеством в рамках организации.

Опираясь на выше сказанное, становится ясно, что для успешного руководства организацией и ее функционирования необходимо направлять ее и управлять систематически и прозрачным способом. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии СМК, разработанной для постоянного улучшения деятельности с учетом потребностей всех заинтересованных сторон и определяемой как набор координат направления деятельности и контроля организации для того, чтобы постоянно улучшалась эффективность и результативность от ее действий.

**Программа расчета электродинамических усилий
в жесткой ошиновке при расположении шин
в вершинах произвольного треугольника**

Климкович П.И., Потачиц Я.В.

Белорусский национальный технический университет

Токоведущие части современных КРУ имеют нестандартную конструкцию – шины расположены в вершинах произвольного треугольника, для которого в ГОСТ 30323-95 отсутствуют расчетные фазы включения тока и соответственно коэффициенты расположения.

При расчете указанных шин на электродинамическую стойкость необходимо знать не только максимальные значения проекций электродинамических усилий (ЭДУ) или их равнодействующих, но и максимальные напряжения в материале шин, вызванные воздействием ЭДУ.

Для сборных шин, расположенных параллельно друг другу в вершинах произвольного треугольника, пригоден метод расчета ЭДУ в системе параллельных бесконечно длинных и тонких проводников. В отличие от случая параллельных проводников, лежащих в одной плоскости, при их пространственном расположении ЭДУ изменяются во времени по величине и направлению и составляющие ЭДУ складываются геометрически. Изоляторы при этом подвергаются различным видам деформации. Поскольку прочность изоляторов для различных видов деформации неодинаковая, то при расчете недостаточно определить максимум ЭДУ, а необходимо знать и его направление. При их определении используются формулы вычисления ЭДУ для двух параллельных проводников, которые суммируются геометрически в соответствии со схемой расположения проводников фаз.

На основании разработанного метода составлена компьютерная программа (КП), которая позволяет рассчитать ЭДУ при трехфазном КЗ между жесткими токоведущими частями. Для выбора расчетных условий КЗ выражения для ЭДУ исследуются на максимум. Определение максимальных ЭДУ, а также соответствующих им текущего времени и угла включения КЗ, для расчета электродинамической стойкости жесткой ошиновки с расположением шин в вершинах произвольного треугольника выполняется методом циклической прогонки по расчетному времени процесса КЗ и фазе включения КЗ. На каждом шаге вычисления производим выбор максимальных вычисленных значений, а также фиксирование соответствующих им текущего времени и текущего угла включения КЗ.

Разработанный метод и КП расчета электродинамических усилий могут быть использованы в практике конструкторских работ по разработке шинных конструкций с произвольным расположением шин и изоляторов.

Использование стриммерных разрядов для получения нанотрубок

Красько А.С., Ржевская С.П.

Белорусский национальный технический университет

Нанотехнологии и наноматериалы являются перспективным направлением современной науки. Одним из направлений таких технологий является получение углеродных нанотрубок (УНТ) [1]. В работе [2] предложен процесс формирования УНТ в деионизированной воде.

Формирование углеродных нанотрубок в водном растворе возможно осуществить за счет электрических разрядов. Электрический разряд в объеме деионизированной воды с углеродным порошком формируется в результате разряда емкости, предварительно заряженной до определенного потенциала.

Для получения оптимального режима формирования УНТ необходимо обеспечить определенные значения амплитуды и частоты импульсов.

В данной работе рассмотрена возможность использования генератора импульсных напряжений (ГИН) для формирования стриммерного разряда в объеме исследуемой жидкости (воды) с углеродным порошком.

Экспериментальная установка содержит высоковольтный выпрямитель (100 кВ) и схему удвоения напряжения с регулируемыми разрядными промежутками.

В первый момент подачи напряжения на зарядное устройство конденсаторы соединены по параллельной схеме. По мере заряда конденсаторов, когда напряжение на конденсаторах достигает прочности первого разрядного промежутка, происходит пробой промежутка и переключение конденсаторов на последовательную схему. В результате этого имеет место удвоение выходного напряжения, пробой второго разрядного промежутка, разряд конденсаторов на испытуемый объект и формирование стриммерного разряда в водной среде.

Регулирование расстояния между электродами разрядных промежутков в процессе проведения опытов позволяет плавно регулировать амплитуду и частоту следования импульсов в водной среде.

Литература

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002.
2. Imosaka R. Preparation of water-soluble carbon nanotubes using a pulsed streamer discharge in water / K. Imasaka, J. Suehiro, Y. Kanatake, Y. Kato, M. Hara / Nanotechnology. – 2006. – Vol. 17. – P. 3421–3428.

**Решение задачи ресурсосбережение
с использованием технологий управления**

Луценко И.А., Гнатюк Ю.И.

Криворожский технический университет

Решение задачи ресурсосбережение концептуально обеспечивается на трех иерархических уровнях.

Первый уровень – уровень технологии оптимизации. Из множества доступных технологий выбирается та, которая в номинальном режиме эксплуатации оборудования, реализующего эту технологию, обеспечивает соответствующий уровень КПД время.

На втором уровне решаются задачи оптимизации управления выбором системно обоснованного построения архитектуры управляемой системой.

На третьем иерархическом уровне задача ресурсосбережения решается с использованием технологий оптимального управления.

Однако при попытках построения таких систем возникают вполне определенные трудности, связанные с наличием самых разнообразных критериев оптимизации или критериев эффективности.

В процессно-ориентированном стандарте, например ISO серии 9000:2000 понятие «эффективность» определяется как отношение между полученными результатами и затраченными ресурсами. Однако даже в таком основополагающем документе это понятие определяется только на концептуальном уровне. Для того чтобы дать ответ на вопрос: «Существует ли на сегодня универсальный критерий оптимального управления?» – необходимо протестировать известные показатели, претендующие на роль показателя эффективности, чтобы решить, могут ли они являться указателями на наиболее выгодный режим функционирования управляемой системы. Но для решения этой задачи также необходим метод непосредственной оценки эффективности.

Выход из этой ситуации можно найти в разработке системы непосредственной оценки эффективности закрытых автоматических или автоматизированных управляемых систем, где влиянием человеческого фактора можно пренебречь. В таких системах можно многократно повторять результаты исследований, устанавливая необходимый режим подачи и потребления продуктов преобразования.

Разработан метод прямого оценивания эффективности управления и предложена архитектура балансной системы для его практической реализации. Предложенный метод обеспечивает возможность прямого сравнения эффективности управлений на заданный момент времени для закрытых систем при одинаковых начальных условиях.

Разработка систем управления источников питания с дозированной подачей электрической энергии

Михайленко А.Ю., Аниськов А.В.
Криворожский технический университет

В современной электротехнологии электрическая энергия, получаемая от промышленной сети переменного тока, как правило, должна быть преобразована в вид, удобный для потребления (электрическая энергия постоянного тока с заданными параметрами, импульсная электроэнергия, энергия переменного тока повышенной частоты и т.д.). При этом через преобразователь электрической энергии передается основная часть либо вся энергия, потребляемая технологическим процессом. А избыточная тепловая энергия в виде потерь снимается из газовой среды.

Широкое внедрение современной электротехнологии в промышленность, специфика нагрузки электротехнологических установок, необходимость глубокого регулирования тока, обеспечение работоспособности при переходе тлеющего разряда в дуговой (режим короткого замыкания) и стабильности горения дуги, а также ряд других особенностей предъявляют повышенные требования к энергетическим, динамическим характеристикам источников питания (ИП) и к снижению влияния установки на питающую сеть. Всем перечисленным требованиям наилучшим образом отвечают тиристорно-конденсаторные преобразователи с дозированной передачей энергии.

Современные условия ставят повышенные требования и к минимальному расходу ресурсов. Так как большинство электротехнических установок очень энергоемкие, то вопрос минимального расхода электроэнергии в них очень важен. Известные способы управления устройствами силовой электроники для этих целей не позволяет реализовать все преимущества новых технологических процессов, ограничивают их эффективность и не учитывают энергосбережение. Только комплексное решение вопросов разработки технологической части и источника питания с учетом их взаимного влияния, управление по критерию эффективности дает возможность оптимально управлять такими электротехнологическими установками.

Создание системы управления с простым и надежным регулированием позволит обеспечить требуемые характеристики источника и технологической части в целом.

Литература

1. Электротехнические установки и их источники питания: учебное пособие для вузов по спец. «Промышленная электроника» / Сост. В.И. Бар. – Тольятти: ТГУ, 2002.

**Расчетные условия короткого замыкания для оценки
электродинамического действия токов короткого замыкания
на гибкие шины распределительных устройств**

Пономаренко Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Выбор расчетных условий при оценке максимального сближения проводников в результате их электродинамического взаимодействия является сложной задачей. В государственном стандарте по расчету электродинамического действия токов короткого замыкания сказано, что при проверке гибких проводников по условию их допустимого сближения во время короткого замыкания расчетным видом короткого замыкания следует принимать трех- или двухфазное короткое замыкание, в зависимости от того, какое из них приводит к наибольшему сближению проводников. Исследования показывают, что на электродинамическое взаимодействие гибких проводников также большое влияние оказывают климатические условия при КЗ. Поэтому необходимо выявить такие климатические режимы, при которых в пролете будут наблюдаться максимальные сближения гибких шин.

Для определения расчетных условий был проведен вычислительный эксперимент с помощью компьютерной программы FLEBUS, разработанной на кафедре «Электрические станции» БНТУ. Расчеты производились для пролетов типовых ОРУ 110 кВ, так как на этом напряжении токи короткого замыкания обычно больше, а междуфазные расстояния при этом меньше, чем в ОРУ более высоких классов напряжения.

По результатам расчетов было выявлено, что максимальное сближение проводов происходит при двухфазном коротком замыкании между проводниками соседних фаз. При трехфазном коротком замыкании недопустимые сближения проводов также могут иметь место, но при токах значительно превышающих токи двухфазного короткого замыкания. В некоторых конструкциях пролетов существует опасность сближения спусков соседних фаз между собой, которое происходит при двухфазном коротком замыкании. Возможно также недопустимое сближение между собой сборных шин и спусков соседней фазы. При оценке расчетных климатических условий было выявлено, что наибольшие сближения проводников происходят в режимах максимальной температуры, когда сборные шины имеют наибольшую стрелу провеса, и максимального скоростного напора бокового ветра. В последнем случае ток электродинамической стойкости пролета ячки 110 кВ, оказался меньше «безопасного» значения в 20 кА, определенного в ПУЭ.

Расчет передаточной функции гасителя пляски типа TDD

Платонова И.А.* , Виноградов А.А.**

*Московский энергетический институт (ТУ)

**ЗАО «Электросетьстройпроект»

Передаточная функция крутильно-демпферного гасителя пляски типа TDD представляет собой отношение амплитуды угла поворота демпферного узла относительно рамы гасителя к амплитуде вращения рамы. По зависимости передаточной функции от частоты, можно определить собственную частоту гасителя – при которой передаточная функция максимальна.

По принципу Даламбера были получены уравнения, описывающие движение крутильно-демпферного гасителя пляски при его установке в пролете, хорошо согласующиеся с уравнениями в [1]. При расчете собственных частот использовано уравнение крутильных колебаний демпферного узла с присоединенными к нему грузами гасителя:

$$I_p \frac{d^2\theta_p}{dt^2} + m_p l_p l_b \left[\cos(\theta_p - \theta_b) \frac{d^2\theta_b}{dt^2} + \sin(\theta_p - \theta_b) \left(\frac{d\theta_b}{dt} \right)^2 \right] = \\ = -f \frac{d(\theta_p - \theta_b)}{dt} - c(\theta_p - \theta_b) - P_p l_p \sin \theta_p.$$

Результаты расчета передаточной функции сопоставлялись с полученными экспериментально данными, при моментах затяжки осевого болта в 3,75 и 10 Н·м при различном наборе резиновых шариков в демпферном узле. Для определения упругой и вязкостной крутильной жесткости использованы экспериментально измеренные петли гистерезиса. Значения вязкостной составляющей крутильной жесткости определялись исходя из рассеиваемой за один цикл колебаний энергии. При испытаниях получено, что упругая жесткость меняется очень незначительно с изменением частоты. Однако она меняется с изменением амплитуды: при ее увеличении от 10° до 15° упругая жесткость уменьшалась примерно на 15 %, а при дальнейшем увеличении амплитуды до 20° она снижалась еще на 5–10 %.

Полученные расчетным путем максимальные значения передаточной функции хорошо совпадают с экспериментальными данными.

Таким образом, имея только экспериментально измеренные петли гистерезиса, можно достаточно точно определить собственные частоты крутильно-демпферного гасителя пляски расщепленных фаз типа TDD.

Литература

1. Masary Yamaoka. A Numerical Calculation Method for Galloping Oscillation of a Bundle Conductor Transmission Line // Trans. IEE Japan. – 1979. – B99, № 9. – P. 569–576

Исследование адаптивных микропроцессорных защит линии распределительной сети методом вычислительного эксперимента

Романюк Ф.А., Новаш И.В., Тишечкин А.А.,

Румянцев В.Ю., Глинский Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Исследование поведения адаптивных направленных токовых микропроцессорных защит наиболее полно может быть выполнено методом вычислительного эксперимента. Модель включала описание работы первичной цепи, измерительных трансформаторов, аналоговой и цифровой частей микропроцессорного устройства защиты.

Модель первичной схемы включала силовой понизительный трансформатор и сеть 10 кВ в виде двух участков линий электропередачи, которая имела питание с двух сторон. Аналоговая часть модели включала также описание электромагнитных измерительных трансформаторов тока и напряжения и измерительных преобразователей на входе микропроцессорной системы. Эта часть модели построена на основе алгебраических и дифференциальных уравнений Кирхгофа для электрических и магнитных узлов и контуров элементов конструкции трансформаторов и линий. Такое построение модели обеспечивает воспроизведение в математической модели переходных процессов в силовой части схемы и в измерительных цепях.

Цифровой тракт обработки информации в микропроцессорном устройстве защиты в модели описан при помощи формул и логических соотношений, отражающих работу блоков аналого-цифрового преобразователя, максиселектора, цифрового фильтра, органа направления мощности, органа определения расстояния до места замыкания, блока логической части защиты и т.д. В модели цифровой части учитывается разрядность аналого-цифрового преобразователя и микропроцессора.

Математическая модель сети и устройства микропроцессорной защиты представляла систему нелинейных алгебраических и дифференциальных уравнений. Решение системы на каждом временном интервале времени выполнялось численными методами. Для обеспечения сходимости итерационных методов использовались методы улучшения сходимости.

Вычислительный эксперимент на основе комплексной модели позволяет оценить различные факторы работы микропроцессорных устройств защиты сети: насыщение измерительных электромагнитных трансформаторов тока и напряжения, изменение режима работы сети, селективность, адаптивные свойства защиты в различных нормальных и аварийных режимах работы первичной схемы.

Влияние насыщения трансформаторов тока на работу токовых защит

Романюк Ф.А., Тишечкин А.А., Румянцев В.Ю., Бобко Н.Н., Глинский Е.В.
Белорусский национальный технический университет

В переходных и установившихся режимах короткого замыкания трансформаторы тока (ТТ) токовых защит могут насыщаться и работать с повышенными погрешностями, величина которых зависит от многих факторов. Наиболее сильное влияние на величину погрешности оказывают: кратность токов повреждения, наличие апериодических составляющих в первичных токах и постоянные времени их затухания, схемы соединений вторичных обмоток ТТ и реле, величина и характер нагрузки ТТ и т.д. В неуставившихся режимах работы, погрешности могут достигать значений, близких к 80—100%.

При наличии в первичных токах апериодических составляющих в работе ТТ можно выделить ряд стадий. В начальной стадии ТТ ненасыщен, и в трансформированных токах присутствуют апериодические составляющие, а высшие гармоники отсутствуют. Насыщение может произойти на втором, третьем периоде и т.д., а в неблагоприятных условиях ТТ насыщаются уже в первый период. При насыщении ТТ апериодическая составляющая во вторичном токе невелика и может изменять свой знак, появляются четные и нечетные гармоники. Содержание первой гармоники резко уменьшается. Из высших гармоник наиболее выражены вторая и третья гармоники. Влияние высших гармоник на интегральные характеристики несинусоидального вторичного тока может быть значительным. По мере затухания апериодических составляющих ТТ выходит из насыщения, и погрешности в трансформации первичного тока уменьшаются.

Для уменьшения влияния насыщения ТТ на работу защит можно использовать специальные алгоритмы восстановления сигнала, искаженного явлением насыщения. Однако это требует увеличения числа отсчетов на одном периоде и более сложных вычислений. У цифровых реле ряда зарубежных фирм предусматривается возможность использования первичных измерительных преобразователей тока в виде катушки Роговского. Электромеханические измерительные органы реагируют на квадрат действующего значения тока в реле, в котором может содержаться апериодическая составляющая. В микропроцессорных реле могут использоваться действующие или средние значения тока. Наиболее полный учет насыщения измерительных трансформаторов может быть выполнен методом вычислительного эксперимента.

**Расчет начального положения гибких проводов
распределительных устройств**

Сергей И.И., Игнатъев А.А.

Белорусский национальный технический университет
РУП Брестэнерго

Расчет токов КЗ на сборных шинах ВН блочной электростанции, ввиду близости к синхронным генераторам, рекомендуется выполнять путем совместного решения дифференциальных уравнений, описывающих синхронный генератор и блочный трансформатор.

Наиболее распространенной и удобной математической моделью синхронного генератора являются уравнения Парка-Горева с одной обмоткой возбуждения и двумя эквивалентными демпферными обмотками в продольной и поперечной осях ротора [1]. Необходимо отметить, что основным недостатком данного способа задания синхронного генератора является сложность определения таких параметров генератора, как взаимоиндуктивности обмотки статора с обмотками ротора, взаимоиндуктивности обмоток ротора.

В основу нелинейной математической модели двухобмоточного блочного трансформатора, так как он рассматривается совместно с синхронным генератором, должно быть положено расчленение магнитного потока на основной магнитный поток, общий для обеих обмоток, и потоки рассеяния сцепленные с отдельными обмотками и замыкающиеся вне сердечника. Поскольку протекающие процессы в ферромагнитных элементах обусловлены нелинейностью характеристик намагничивания, то дифференциальные уравнения, описывающие блочный трансформатор, дополняются аппроксимированной кривой намагничивания.

Таким образом, совместное рассмотрение математических моделей синхронного генератора и двухобмоточного трансформатора представляет собой математическую модель блока генератор трансформатор, с помощью которой можно рассматривать переходные процессы различного характера (наибольший интерес представляют переходные процессы на сборных шинах ВН). Однако следует отметить, что при численном решении системы дифференциальных уравнений, в частности методом Рунге-Кутты, возникает потребность в применении специальных методов для сходимости итерационного процесса.

Литература

1. Важнов, А.И. Основы теории переходных процессов синхронной машины / А.И. Важнов. – М.-Л. Госэнергоиздат, 1960.

Сопоставление расчетных и опытных параметров пляски расщепленных фаз воздушных ЛЭП

Сергей И.И., Климович П.И.

Белорусский национальный технический университет

По разработанному численному методу расчета динамических характеристик пляски расщепленных фаз воздушных ЛЭП, основанному на уравнениях поперечных и крутильных колебаний гибкой нити и опытных азродинамических характеристиках (АДХ) проводов с асимметричным гололедным осадком, выполнены расчеты различных динамических характеристик их пляски.

В 1998 году в КазНИИЭ (Казахстан) совместно с ЭССП (Россия) и ЛТУ (Бельгия) проведены экспериментальные полномасштабные исследования пляски расщепленной фазы 2хАС-400/51 в пролете 292 м. При численном моделировании задачи вначале использовались АДХ для проводов сечением 240 мм². Выполнены расчеты пляски при трех начальных углах оледенения: 183°, 20° и -85°, результаты которых сопоставлены с опытными данными КазНИИЭ. С учетом того, что АДХ приняты приближенно, совпадение результатов можно считать удовлетворительным.

При использовании алгоритма эквивалентного провода вычислительный эксперимент был поставлен с применением АДХ для провода сечением 810 мм², сечение которого практически равно суммарному сечению двух проводов 2хАС-400/51 опытного полигона КазНИИЭ. Начальный угол оледенения принимался равным -50°. Двойная амплитуда крутильных колебаний достигла 7,4 м.

Выполнена сравнительная оценка расчетов пляски БНТУ и ЛТУ для экспериментального пролета 308 м. При этом использована АДХ для провода ASCR-810. Результаты расчета хорошо согласуются друг с другом.

На следующем этапе выполнено сравнение результатов расчета БНТУ и ЛТУ на примере двух пролетов 420 кВ с проводом 2хACSR-810, для которых наблюдалась пляска в Норвегии. Расчеты проводились для каждого пролета в отдельности при угле оледенения равном -47°.

Во всех представленных случаях, вычислительным экспериментом по компьютерной программе получены параметры пляски проводов воздушных ЛЭП, близкие к результатам измерений на реальных ЛЭП. Таким образом, строгая математическая постановка задачи расчета пляски проводов позволяет приблизить вычислительный эксперимент к условиям реальной пляски и опытов на воздушных ЛЭП, что подтверждается согласованием компьютерных расчетов БНТУ с опытом и расчетами других авторов. Результаты могут быть использованы при проектировании воздушных ЛЭП.

Перспективы подготовки инженерных кадров энергетики Республики Беларусь

Силюк С.М.

Белорусский национальный технический университет

Подготовку специалистов - энергетиков для Белорусской энергетической системы ведет энергетический факультет по восьми специальностям.

Принятые руководством Республики Беларусь решения о строительстве атомной станции поставили перед высшим образованием страны задачу создания системы подготовки и непрерывного повышения квалификации кадров, способных обеспечить ее безотказную эксплуатацию и безопасное управление отходами.

В соответствии с Государственной программой подготовки кадров для ядерной энергетики Республики Беларусь на 2008-2020 годы, начиная с 2008-2009 учебного года, на энергетическом факультете начата подготовка специалистов – энергетиков по специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций». С 2009 года увеличиваются наборы на специальности 1-43 01 01 «Электрические станции» и 1-53 01 04 «Автоматизация и управление энергетическими процессами».

По новой специальности в сжатые сроки пришлось разрабатывать образовательный стандарт, учебный план, подобрать ученых НАН и высококвалифицированных специалистов БГУ, МГЭУ имени А.Д. Сахарова для проведения занятий по ядерной физике, работе ядерных энергетических реакторов, радиационной безопасности и обращению с радиоактивными отходами АЭС.

Для обеспечения учебного процесса на должном уровне в 2008/2009 учебном году приобретено учебной литературы на 55 млн. руб., приобретаются учебные установки и оборудование за бюджетные средства, выделенные для этих целей в соответствии с Государственной программой.

Безусловно, энергетический факультет справился с поставленными задачами в области подготовки высококвалифицированных специалистов для энергетической отрасли Республики.

В то же время средний возраст профессорско-преподавательского состава факультета, а также специалистов ОИАЭИ Сосны, которые смогли бы вести подготовку кадров для отрасли ядерной энергетики, превышает 60 лет.

В связи с этим возникает необходимость проведения работы в следующих направлениях: подготовка и повышение квалификации преподавателей; подготовка кадров высшей квалификации; создание организационно-методических и материально-технических основ подготовки кадров.

Статистическое исследование графиков электрических нагрузок промышленных потребителей

Сычев А.В., Чаус О.В.

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

Цель исследования: разработка статистических моделей графиков электрических нагрузок промышленных потребителей для оптимизации их размещения на суточном интервале в условиях дифференцированной (по зонам суток) стоимости электроэнергии и оценки погрешности прогнозных показателей электропотребления на базе этих моделей.

Для получения статистической модели графика нагрузки исследовались статистические данные и подбирались законы распределения мощностей на каждом из 48 получасовых интервалов суток. Обработывались статистические данные по графикам получасовых мощностей для ряда предприятий г. Гомеля.

Закон распределения мощности на получасовом интервале подбирался на основании статистических данных различной глубины: год, полгода, зимний, весенний, летний и осенний квартал.

Для расчетов применялся пакет Statistica, в котором использовался специальный модуль Distribution Fitting (Настройка распределения). Проверка гипотезы о распределении мощности осуществлялась с помощью критерия согласия хи-квадрат.

Приблизительно в 80 % случаев подтверждалась гипотеза о нормальном законе распределения мощностей, гамма- и логнормальное распределение встречалось примерно в 10 % случаев.

Для анализа целесообразности использования в статистических моделях графиков нагрузок законов распределения, отличающихся от нормального, были выполнены расчеты показателей электропотребления (максимальная мощность и потребленная электроэнергия в тарифных зонах) с использованием нормального и других законов распределения и оценена их точность.

Расчеты показали, что прогнозирование электропотребления и определение максимальной мощности с учетом наиболее подходящего закона распределения мощности и по нормальному закону распределения дает практически одинаковую погрешность (4–5 %).

Таким образом, учет ненормальности законов распределения оказался нецелесообразным.

Оптимизация процессов управления эксплуатационными режимами рудничного электровозного транспорта

Тытюк В.К., Омельченко А.В.

Криворожский технический университет

Основным внутришахтным грузовым транспортом является электровозный транспорт. Дальнейший рост эффективности применения электровозного транспорта является актуальной задачей и лежит в области оптимизации методов управления тяговым электроприводом. Исследования режимов потребления электроэнергии и тепловых режимов электродвигателя в основном были направлены на снижение дополнительных пульсационных потерь в двигателях тягового электропривода.

Комплексного исследования потребленной электроэнергии, с учетом потерь в преобразователе и двигателе, никто не проводил. Для этого была разработана модель в среде Simulink 6.0 и библиотекой SimPowerSystems.

С помощью модели проводился анализ режима установившегося движения тягового электропривода с постоянной угловой скоростью. Целью эксперимента было определение количества электроэнергии, потребляемой электроприводом при повороте якоря привода на некоторый заданный угол поворота (было принято значение $\varphi = 1000 \text{ с}^{-1}$).

В ходе экспериментов получены следующие основные зависимости: зависимость потребленной электроэнергии от скважности при постоянной частоте преобразователя; зависимость потребленной электроэнергии от частоты преобразователя при постоянной скважности $\gamma = 0,7$ при полной загрузке состава; зависимости потребляемой электроэнергии во время технологической операции (узел измерения электроэнергии расположен таким образом, чтобы он учитывал полные потери мощности, в электродвигателе, в тиристорном преобразователе и коммутационном узле).

При помощи критерия эффективности использования ресурсов получили компромисс между минимумом энергозатрат и максимумом продуктивности.

Выводы: при минимуме потребленной электроэнергии скорость электровоза может оказаться недостаточной для поддержания необходимого уровня продуктивности; точка максимума показателя эффективности использования ресурсов перемещается в сторону более высоких частот тиристорного регулятора при увеличении стоимостной оценки выходного продукта технологической операции.

Литература

1. Луценко, И.А. Технологии эффективного управления / И.А. Луценко. – Кривий Рог: ЧП «Издательский дом», 2004. – 152 с.

Проблемы ресурсосбережения в технологии заряда-разряда АКБ

Харитонов А.А., Пархоменко Р.А.
Криворожский технический университет

Несмотря на столь длительную историю существования аккумуляторов, лишь некоторые параметры аккумуляторных батарей можно измерить с достаточной точностью: разность потенциалов на электродах аккумулятора или протекающий ток в электрической цепи при подключении нагрузки к нему. К сожалению, электрическую емкость аккумулятора (Q) – наиболее важный и действительно значимый параметр, характеризующий его электрическую потенциальную энергию и возможность совершать определенную работу, на практике никто не измеряет.

Тем не менее, существуют методы оперативной оценки емкости АКБ. До недавнего времени, выпускаемые в единичных количествах импортные и отечественные приборы были дороги и неудобны в повседневной работе, а появившиеся не так давно на рынке более компактные тестеры емкости аккумуляторов стали более доступными, но помимо этого многие из них имеют большую погрешность (20 % и более).

Как же определить состояние АКБ, т. е. её ёмкость, с достаточной степенью точности? И возможно ли это сделать так, чтобы не выводить АКБ на достаточно длительный период из эксплуатации?

Решением данных вопросов может стать достаточно точная оперативная диагностика состояния АКБ, либо постоянный контроль за её работой, т.е. за процессом заряда-разряда с целью не допустить перезаряда либо глубокого разряда. Для этой цели можно применять специальные приставки для контроля емкости, которые реализуют алгоритм подсчета емкости с помощью микроконтроллеров и могут ограничивать время разряда или заряда до установленной величины таким образом, чтобы обеспечить экономичный режим работы и максимальный срок службы.

Именно измерение емкости аккумулятора – вот главная проблема на сегодняшний день!

Решение данной проблемы позволит не только, да и не просто усовершенствовать системы управления технологического процесса заряда, а подойти к вопросу рационального использования имеющихся ресурсов для заряда аккумулятора и соответственно даст возможность оптимизировать стоимостные показатели той энергии, которую получает автономный источник тока. Аккумуляторные батареи в современных условиях должны быть не только надежными источниками тока, но ещё и экономичными.

Осциллографирование работы контактора РПН силового трансформатора под нагрузкой

Широков О.Г., Прохорчик М.А.

Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого

Одним из средств, используемых для управления значением напряжения в энергосистеме, является устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) силового трансформатора (СТ). Воздействие на величину напряжения осуществляется изменением количества витков обмотки высокого напряжения СТ контактором РПН. Гашение дуги происходит в масле. Поэтому именно контакты контактора подвергаются наибольшему износу по сравнению с избирателем и реверсором.

Опыт эксплуатации трансформаторов показывает, что около 15 % отказов СТ происходит из-за отказа устройства РПН.

Поддержание необходимой степени надежности оборудования в процессе его эксплуатации обеспечивается системой технического обслуживания и ремонтов. Эта система предусматривает осциллографирование контактора РПН на постоянном токе, которое позволяет определить время переключения контактора. Стандартная методика осциллографирования требует слива трансформаторного масла и вскрытия бака РПН для обеспечения доступа непосредственно к контактам, для исключения влияния индуктивности трансформатора. В этом случае измерения проводятся на постоянном токе, что подразумевает отключение трансформатора от сети. Данная методика является самой дорогостоящей и трудоемкой.

Целью работы является разработка методики осциллографирования РПН СТ, позволяющей оценить работу контактора без вскрытия бака РПН, слива трансформаторного масла и без вывода СТ из работы. Особенностью методики является возможность проведения измерений на переменном токе, что не требует дополнительных источников постоянного тока.

Эффективность разработанной методики определяется высокой технологичностью. Разработанные методы могут применяться как в отдельном устройстве диагностирования устройства РПН СТ, так и интегрироваться в существующие комплексы диагностики СТ. Кроме того, особенностью разработанной методики является абсолютная адаптивность, т.е. отсутствие в необходимости предварительной настройки в соответствии с какой-либо априорной информацией об исследуемом СТ и отсутствие необходимости установки на СТ дополнительного оборудования (датчиков, измерительных преобразователей и т. д.), АЦП подключается во вторичные цепи релейной защиты подстанции.

Методика составления многоуровневых балансов электроэнергии в электрических сетях ОЭС Беларуси

Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В.
Белорусский национальный технический университет

Балансы электроэнергии составляются ежемесячно, ежеквартально и ежегодно для ОЭС Беларуси и всех её структурных подразделений по трём уровням электрических сетей:

- системообразующим электрическим сетям напряжением 220-750 кВ (верхний уровень электрических сетей);
- питающим электрическим сетям напряжением 35-110 кВ (средний уровень электрических сетей);
- распределительным электрическим сетям напряжением 0,38-10 кВ (нижний уровень электрических сетей).

На любом объекте, уровне электрических сетей или энергоподразделении энергосистемы баланс электрической энергии определяется в виде равенства поступления и расхода электрической энергии:

$$W_{\text{пс}} = W_{\text{ос}} + \Delta W, \quad (1)$$

где $W_{\text{пс}}$ — поступление электроэнергии в сеть; $W_{\text{ос}}$ — отпуск из сети; ΔW — отчётные потери.

Отпуск электроэнергии с шин электростанций $W_{\text{ош}}$ каждого структурного подразделения энергосистемы для всех уровней электрических сетей определяться из «Акта о составлении баланса электроэнергии на электростанции».

Для выделения в балансах электроэнергии, отпущенной беспотерьным потребителям, введено новое понятие пропуска электроэнергии $W_{\text{прс}}$. По отношению к этой величине рассчитывается процент относительных отчётных потерь электроэнергии:

$$\Delta W_{\%} = \frac{\Delta W}{W_{\text{прс}}} \cdot 100. \quad (2)$$

На каждом уровне электрических сетей пропуск электроэнергии определяется индивидуально. Для электрических сетей верхнего и среднего уровней он равен $W_{\text{пс}}$, а для сетей нижнего уровня рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{прс}} = W_{\text{пс}} - W_{\text{от}}^{\text{всд}} - W_{\text{от}}^{\text{шн}} - W_{\text{бпо}}^{\text{всд}} - W_{\text{бпо}}^{\text{шн}} - W_{\text{бпо}}^{\text{хис}} - W_{\text{бпо}}^{\text{хип}}, \quad (3)$$

где $W_{\text{от}}$ — электроэнергия, отпущенная с шин электростанций и подстанций в смежные сети по линиям на балансе принимающей стороны; $W_{\text{бпо}}$ — беспотерьный отпуск потребителям, на хоз. и производственные нужды.

О результатах совместного расчёта потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38-10 кВ Борисовского филиала электрических сетей РУП «Минскэнерго»

Фурсанов М. И., Макаревич В. В.

Белорусский национальный технический университет

При расчёте потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38 кВ необходимо преодолевать следующие трудности: кодировка схем большого объёма, отсутствие режимной информации, достоверизация топологической информации. Последняя проблема вызвана несовершенством эксплуатации электрических сетей данного класса напряжения и незаинтересованностью строительно-монтажных управлений в определении и передаче необходимых для расчёта данных (активных и реактивных сопротивлений проводников, фазности подключения потребителей и т.п.).

Решением проблемы кодировки схем занимаются многие филиалы электрических сетей Белорусской энергосистемы, а проблема отсутствия режимной информации так и не находит решения из-за отсутствия достаточного количества измерительных приборов, автоматизированных систем сбора-передачи данных и дефицита людских ресурсов для сбора режимной информации вручную.

Для решения этой проблемы нами была предложена методика совместного расчёта технических потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38-10 кВ на основе поэлементных расчётов отдельных распределительных линий (РЛ) 6-10 кВ и питающихся от них РЛ 0,38 кВ.

На сегодняшний день режимная информация в виде графиков потребления активной и реактивной электроэнергии за расчётный период имеется практически на всех вводах 6-10 кВ трансформаторных подстанций 35-750 кВ и головных участках (ГУ) некоторых РЛ. На стороне 0,38 кВ известны место подключения потребителя его установленная мощность и фаза для однофазных потребителей.

Отличие совместного расчёта от традиционного заключается в распределении отпущенной электроэнергии с ГУ РЛ 10 кВ не пропорционально общепринятому критерию – установленным мощностям трансформаторов в ТП, а пропорционально установленным мощностям потребителей. Благодаря чему уточняется потокораспределение в сети 10 кВ и появляется режимная информация для расчётов электрических сетей 0,38 кВ в виде потоков по участкам РЛ 0,38 кВ.

По результатам расчётов технические потери в Смолевичском РЭС обслуживающем 17766 потребителей питающихся по 1238 РЛ 0,38 кВ суммарной длиной 878,69 км составили 101,35 тыс. кВт·ч или 5,52%.

Анализ методов решения системы уравнений установившегося режима

Бампи Ю.С., Чубов П.В.

Белорусский национальный технический университет

В программах расчета установившихся режимов электроэнергетических систем, как правило, используются уравнения узловых напряжений (УУН), которые непосредственно вытекают из 1-го закона Кирхгофа. Достиженные успехи в разработке методов расчета установившихся режимов объясняются совершенствованием средств вычислительной техники, а также развитием теории численных методов и алгоритмов решения уравнений режима. Однако, увеличение объемов и сложности рассчитываемых схем, многовариантность расчетов, повышенные требования к надежности получаемых результатов диктуют необходимость дальнейшего совершенствования традиционных и разработки новых методов расчета и анализа УУН.

Систему уравнений (или полиномов) можно рассматривать как некоторый базис полиномиального идеала. Смысл задачи состоит в том, чтобы перейти к другому базису этого же идеала, который позволяет записать исходную систему в более пригодном для получения решения виде. Если исходную систему можно решить только итерационными методами типа Ньютона, то система в стандартном базисе решается известными алгебраическими методами.

Разработанные алгоритмы достаточно сложны и своими корнями уходят в алгебраическую геометрию и коммутативную алгебру. Здесь нам на помощь приходит компьютерная математика и ее весьма эффективные пакеты Mathematica, Maple с расширениями, Singular и др., в которых эти алгоритмы заложены. Их применение освобождает нас от необходимости шикать в такие вопросы, как полиномы от многих переменных, упорядочение мономов, базисы Гребнера.

Данный метод позволяет решить систему алгебраических уравнений специального вида (УУН), не прибегая к распространенным итерационным методам. Как известно, последние обладают некоторыми недостатками:

- недостаточной сходимостью итерационного процесса в ряде случаев;
- требуют удачного выбора начальных приближений;
- позволяют найти только одно решение за один итерационный цикл.

В то же время нельзя не отметить, что предлагаемые методы достаточно трудоемки и требовательны к ресурсам используемых ЭВМ.

Применение управляемых шунтирующих реакторов для поглощения избытков реактивной мощности в электрических сетях

Баранов Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в Белорусской энергосистеме существует проблема регулирования напряжения и устранения избытков реактивной мощности, для решения которой было принято решение об установке шунтирующего реактора в Молодечненском энергоузле.

В выполненной работе производилось рассмотрение трех вариантов поглощения избытков реактивной мощности:

установка одного управляемого шунтирующего реактора (УШР) номинальной мощностью 180 Мвар напряжением 330 кВ на ПС-330кВ «Молодечно»;

установка семи УШР на напряжение 110 кВ номинальной мощностью 25 Мвар каждый (по два реактора на ПС-330кВ «Молодечно», «Лида», «Сморгонь» и одного на ПС-330кВ «Гродно»);

установка шести групп неуправляемых шунтирующих реакторов номинальной мощностью 30 Мвар каждой (по две группы на ПС-330кВ «Молодечно», «Сморгонь», «Лида»).

Снижение потерь в основной сети Белорусской энергосистемы для первого варианта поглощения избытков реактивной мощности в Молодечненском энергоузле составило 190 кВт, для второго – 180 кВт и для третьего – 90 кВт. При этом необходимо отметить тот факт, что при коммутации группы реакторов мощностью 30 Мвар на какой-либо из подстанции, как это предусматривается третьим вариантом, происходит изменение напряжения на ней примерно на 1,5-2,5 кВ.

Как показывают расчеты, капитальные вложения по первому варианту потребления реактивной мощности более чем в пять раз превышают капитальные вложения третьего варианта и более чем в два раза меньше капитальных вложений для второго варианта.

Расчетное значение приведенных затрат для третьего варианта установки шунтирующих реакторов является минимальным и составило 37% от приведенных затрат первого варианта. Приведенные же затраты второго варианта поглощения избытков реактивной мощности в энергосистеме Беларуси более чем в два раза превышают приведенные затраты для первого варианта.

Таким образом, можно говорить о том, что на данный момент экономически более эффективной является установка групп из неуправляемых шунтирующих реакторов.

**Моделирование синхронной машины уравнениями
Парка – Горева с использованием MATLAB**

Золотой А. А., Кунцевич А. И.

Белорусский национальный технический университет

При создании математической модели синхронной машины переменного тока необходимо рассматривать как электромагнитные, так и электро-механические переходные процессы, вследствие наличия вращающегося с переменной угловой скоростью ротора машины.

Дифференциальные уравнения (ДУ) синхронной машины с одним кон-гуром по продольной оси ротора в координатах $d, q, 0$, описывающие элек-тромагнитные и электро-механические переходные процессы в обмотках статора и ротора имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} L_d \frac{di_d}{dt} + M_d \frac{di_f}{dt} + L_q i_q \omega + r i_d + u_d &= 0; \\ L_q \frac{di_q}{dt} - L_d i_d \frac{d\gamma}{dt} - M_d i_f \omega + r i_q + u_q &= 0; \\ \frac{3}{2} M_d \frac{di_d}{dt} + L_f \frac{di_f}{dt} + r_f i_f - u_f &= 0; \\ \frac{d\gamma}{dt} &= \omega; \\ J \frac{d\omega}{dt} - M_m + \frac{3}{2} (M_d i_f i_q + (L_d - L_q) i_d i_q) & \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где неизвестными являются: i_d – продольный ток; i_q – поперечный ток; i_f – ток возбуждения; γ – угол ротора, ω – угловая частота ротора.

Переход от координат $d, q, 0$ к фазным координатам a, b, c осуществляется при помощи обратного преобразования Парка:

$$\left. \begin{aligned} i_a &= i_d \cos \gamma + i_q \sin \gamma + i_0; \\ i_b &= i_d \cos \left(\gamma - \frac{2\pi}{3} \right) + i_q \sin \left(\gamma - \frac{2\pi}{3} \right) + i_0; \\ i_c &= i_d \cos \left(\gamma + \frac{2\pi}{3} \right) + i_q \sin \left(\gamma + \frac{2\pi}{3} \right) + i_0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для решения системы ДУ (1) использовалась функция MATLAB `ode23*`, которая применяется для решения умеренно жестких систем ДУ.

**Учет дополнительных изгибающих моментов от прогиба
железобетонных и деревянных стоек опор воздушных
линий электропередачи**

Короткевич М.А.

Белорусский национальный технический университет

Железобетонные и деревянные стойки опор воздушных линий электропередачи рассчитываются по так называемой деформированной схеме, т.е. с учетом дополнительных изгибающих моментов от эксцентриситета приложения вертикальных нагрузок (от собственного веса проводов, тросов, самой опоры), вызванного изгибом стойки в результате воздействия на нее горизонтальных ветровых нагрузок.

Дополнительный изгибающий момент ΔM от прогиба стоек определяется по выражению

$$\Delta M = \sum_{i=1}^n G_i f_i, \quad (1)$$

где G_i – вертикальные нагрузки от веса проводов, тросов и опоры приложенные в сечении i – i , f_i – прогибы в стойке опоры на уровнях подвеса троса, верхних и нижних проводов, половины высоты над уровнем земли от действия расчетных горизонтальных сил (ветровых нагрузок).

Определение прогибов жестко заземленных свободно стоящих стоек при действии горизонтальных сил производится в предположении независимости действия сил как сумма прогибов от каждой из этих сил в отдельности от жесткости, определенной с учетом и без учета появления трещин в бетоне по сечению, находящемуся на уровне земли.

Расчеты прогибов по отмеченной методике связаны со значительными трудностями по определению коэффициентов, характеризующих соотношение между высотой приложения горизонтальной силы и высотой расположения рассматриваемого сечения, а также коэффициентов, учитывающих изменение площади поперечного сечения бетона и продольной арматуры по длине стойки опоры.

Нами выполнены серии расчетов по определению дополнительного момента ΔM и его сравнение с расчетным изгибающим моментом относительно уровня земли. В результате получено, что для железобетонных опор увеличение изгибающего момента относительно уровня земли за счет учета момента ΔM от эксцентриситета приложения вертикальных сил, вызванного прогибом стойки опоры можно принять равным 10%, для деревянных опор – 20%.

Следовательно, сложные расчеты по определению ΔM можно не проводить, а использовать полученные нами коэффициенты.

Учет показателей надежности при оценке эффективности сооружения мини-электростанций на промышленном предприятии

Старжинский А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Необходимость в сооружении собственных электростанций на промышленных предприятиях в условиях Республики Беларусь была обусловлена или потребностями технологического процесса в тепловой энергии или требованиями обеспечения резервного питания ответственных потребителей.

С помощью аналитического метода расчета надежности и метода непараметрической оценки были определены значения показателей надежности характерной схемы электроснабжения промышленного предприятия с непрерывным технологическим процессом при подключении генератора миниэлектростанции к шинам различных номинальных напряжений при полном и частичном покрытии им нагрузки секции шин.

Таким образом, присоединение генератора мини-электростанции к системе внутреннего электроснабжения предприятия и полным покрытием мощности присоединенной нагрузки обеспечивает снижение частоты отказов и вероятной продолжительности аварийного простоя схемы и снижает частоту отказов в 3 и более раз, а вероятную продолжительность простоя более чем в 15 раз; большее снижение частоты отказов и вероятной продолжительности аварийного простоя обеспечивается при работе генератора на шины более низких напряжений, а именно 0,38 или 6 кВ.

Была определена эффективность сооружения мини-электростанции мощностью 1,5 МВт на промышленном предприятии, а также определено место ее включения (на шины 10; 6 или 0,38 кВ) с помощью метода многоцелевой оптимизации. Учитывались следующие цели: максимум финансовой эффективности; максимум надежности электроснабжения; минимальной зависимости от внешних источников электроснабжения. Структура целевой функции E была представлена в виде среднеарифметического значения $E = \sum_{i=1}^n v_i \cdot e_i \rightarrow \max$, где v_i – оценка важности i -й цели; e_i – относительная эффективность i -й цели.

Значение критерия оптимизации E при включении собственного генерирующего источника в систему электроснабжения промышленного предприятия превышает соответствующий критерий оптимизации при электроснабжении предприятия только от сетей энергосистемы в 2,1 - 4,6 раза, что говорит об эффективности применения собственных генерирующих источников на промышленном предприятии.

Перевод энергоблоков электростанций на нагрузку собственных нужд или энергорайон при воздействии противоаварийной автоматики

Калентиюнок Е.В.

Белорусский национальный технический университет

Для предотвращения нарушения устойчивости, ликвидации асинхронного режима, ограничения повышения частоты или перегрузки оборудования в энергосистеме может применяться отключение энергоблоков электростанций устройствами противоаварийной автоматики. Для сохранения в работе собственных нужд и предотвращения полного останова электростанций при глубоких снижениях частоты и напряжения в электрической сети применяется автоматическое выделение энергоблоков на питание собственных нужд и нагрузку прилегающего энергорайона. Успешный перевод энергоблоков на нагрузку собственных нужд или энергорайон при воздействии противоаварийной автоматики позволяет ускорить восстановление нормальной работы энергосистемы после устранения аварийной ситуации путем быстрого набора мощности на данных неостановленных энергоблоках электростанций.

Технологическая независимость агрегатов блочных электростанций создает благоприятные возможности для их выделения в аварийных условиях противоаварийной автоматикой с нагрузкой собственных нужд и наиболее ответственными потребителями ближайшего энергорайона электрической сети.

Противоаварийная автоматика выделяет один или несколько энергоблоков на нагрузку собственных нужд электростанции и энергорайона электрической сети путем отключения связей на самой электростанции и (или) примыкающих подстанциях. При этом должна быть обеспечена и экспериментально проверена надежная работа энергоблоков в таких условиях в течение не менее 10-15 минут при различных режимах и технических схемах электростанции.

Схема регулирования энергоблоков должна обеспечивать их выделение в аварийных условиях на изолированную несбалансированную нагрузку.

Перевод собственных нужд электростанции на резервные трансформаторы осуществляется с использованием стандартной схемы автоматического ввода резерва (АВР), подающей импульс на включение резервного ввода после отключения рабочего ввода. Собственные нужды выделяемого блока на резервный трансформатор не переводятся, а получают питание от своего рабочего трансформатора.

Если процесс самозапуска по такой схеме оказывается длительным, то можно использовать технологию быстродействующего АВР.

Механический расчет отпаек к электрическим аппаратам

Бладыко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Провода отпаек монтируются практически без натяжения, поэтому они представляются нерастяжимой нитью, для которой известно аналитическое решение задачи в общем виде [1]:

$$\bar{R} = \bar{a}_1 + \frac{1}{P} \left(\bar{a}_0 - \bar{P} \frac{\bar{a}_0 P}{P^2} \right) \operatorname{arsh} \frac{P^2 s - \bar{a}_0 P}{\sqrt{\bar{a}_0^2 P^2 - (\bar{a}_0 P)^2}} - \frac{\bar{P}}{P^2} |\bar{a}_0 - \bar{P} s|;$$

$$\bar{T} = \bar{a}_0 - \bar{P} s; \quad 0 \leq s \leq l_0,$$

где \bar{a}_0 , \bar{a}_1 - постоянные векторы интегрирования; \bar{T} - вектор тяжения по длине отпайки; l_0 - длина отпайки; s - длина дуги; \bar{P} - суммарный вектор сил, приложенных к единице длины провода; P , a_0 - модули векторов P и a_0 .

Частные решения можно получить путем нахождения по заданным граничным условиям конкретных значений постоянных векторов \bar{a}_0 и \bar{a}_1 . Граничными условиями для проводов отпаек являются их длина, а также радиус-векторы, описывающие положение точек их крепления к электрическим аппаратам и проводам сборных шин. Подставив граничные условия и преобразовав к форме, удобной для применения метода Вегстейна, получим трансцендентные уравнения для определения постоянных векторов \bar{a}_0 и \bar{a}_1 [1].

Вектор силы, действующий от отпайки на провод, равен $\bar{Q}_0 = \bar{a}_0$, а усилие от отпайки на электрический аппарат определяется как $Q_u = \bar{P} l_0 - \bar{a}_0$.

Литература

1 Стрелюк, М.И. Расчет статики гибкой ошиновки ОРУ с ответвлениями к электрическим аппаратам в различных режимах климатических воздействий // М.И.Стрелюк, Ю.В.Бладыко, И.И.Сергей. Научные и прикладные проблемы энергетики: Межвед. сб.- Минск: Выш. школа, 1984.- Вып. 11.- С. 26-32.

Влияние длин отпаек к электрическим аппаратам на расчет статике гибких шин

Бладыко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В распределительных устройствах отпайки к электрическим аппаратам монтируют практически без натяжения, отмеряя их длины «на глазок». Правильный выбор длины отпаек необходим для того, чтобы в динамике и статике в различных климатических режимах усилия от них на головки разъединителей не превышали предельно допустимых.

В качестве примера в таблице 1 приведены результаты расчета по программе механического расчета MR [1] для следующих исходных данных: провод 4хПА-500, длина пролета 79,6 м, килевое расположение отпаек. Начальное тяжение 5000 даН в гололедном режиме (скорость ветра 15 м/с, толщина стенки гололеда 20 мм) снижается в расчетном режиме (скорость ветра 18 м/с без гололеда) до 2150-2350 даН в зависимости от длины отпайки.

Длина отпайки, м	f_{max} , м	U_{max} , м	$U_{max\ отп}$, м	Усилие от отпайки на провод, даН		Усилие от отпайки на аппарат, даН	
				гор.	верт.	гор.	верт.
17,1	5,97	2,51	2,60	8	299	91	200
17,4	5,49	2,88	3,42	32	192	67	88
18,0	5,28	2,95	3,93	40	170	62	60
19,0	5,22	3,09	4,83	51	146	58	31
0	3,90	2,61	-	-	-	-	-

f_{max} - максимальная стрела провеса провода,

U_{max} - максимальное горизонтальное отклонение провода,

$U_{max\ отп}$ - максимальное горизонтальное отклонение отпайки.

Как видно из таблицы, короткие отпайки повышают усилия на аппараты, длинные - приводят к увеличению отклонений. Для правильного выбора длин отпаек необходимы расчеты пролета в различных климатических режимах.

Литература

- Стрелюк, М.И. Программа механического расчета гибкой ошиновки РУ в различных режимах климатических воздействий // М.И.Стрелюк, Ю.В.Бладыко, И.И.Сергей. Инв.№ ГосФАП - П007594, инв.№ РФАП БССР - 00143.- Минск, 1984.- 12 с.

Влияние компьютеров на трехфазную электрическую сеть

Гавриленко С.Д.

Белорусский национальный технический университет

Строительство высотных офисных зданий привело к возникновению проблемы влияния компьютеров, как нелинейной электрической нагрузки, на электрическую сеть. Это объясняется тем, что потребляемый компьютером ток имеет ярко выраженный импульсный характер. При приближении кривой питающего напряжения к максимальному значению электронные вентиля диодного моста импульсного источника питания скачкообразно изменяют свое сопротивление от бесконечности до некоторого малого значения. При определенном соотношении долей линейных и нелинейных потребителей электроэнергии возникают негативные явления в электросети: токи в нулевых рабочих проводниках из-за гармоник, кратных трем, могут превышать токи в фазных проводах в полтора и более раза; вершина синусоидального питающего напряжения срезается, становится «плоской». Следствием этого может стать перегрев и разрушение нулевых рабочих проводников кабельных линий; генерация электромагнитных помех; увеличение тепловыделения в элементах системы электропитания и импульсных источников питания самих компьютеров. Из-за интенсификации теплового и электрического старения изоляции срок службы электрооборудования может заметно сократиться. При рабочих температурах в изоляционных материалах протекают химические реакции, приводящие к постепенному изменению их изоляционных и механических свойств. С ростом температуры эти процессы ускоряются, сокращая срок службы оборудования. В конденсаторах потери энергии пропорциональны частоте, поэтому несинусоидальный ток приводит к дополнительному нагреву конденсаторов и их износу. В электрических машинах постоянная составляющая тока создает дополнительное подмагничивание магнитопроводов, что приводит к ухудшению их характеристик и дополнительному нагреву.

По экспертным оценкам специалистов на объектах с долей нелинейных электропотребителей более 10% возможно развитие пожароопасных и аварийных ситуаций. Для их предупреждения необходимо проведение диагностики состояния и прогнозирование работы системы электропитания с учетом увеличения нелинейных искажений токов и напряжений, ростом доли высших гармоник, возможных токовых нагрузок фазных и нулевых рабочих проводников. Это становится особенно актуальным в условиях строительства современных объектов.

Гавриленко С.Д.

Белорусский национальный технический университет

Лабораторные практикумы по электронике и электротехнике кафедры «Электротехника и электроника» являются объемной работой, включающей предварительные расчеты и непосредственно лабораторные эксперименты. Студенты при выполнении лабораторных работ работают группами по 3-4 человека, так называемыми бригадами. При этом, несмотря на подробное описание работы и письменные методические указания, без помощи преподавателя работа не выполняется. Нелегким периодом работы преподавателя становится отработка задолженности в конце семестра перед сессией, особенно если приходится обрабатывать лабораторный практикум в полном объеме с отдельными студентами дневной и заочной форм обучения в период, когда занятия по расписанию уже окончились. Часто такая работа становится скорее испытанием преподавателя, а не формой обучения студента, так как весь объем проделанной работы за короткое время студент не осваивает, несмотря на все старания преподавателя. Для решения такой задачи разработаны компьютерные модели проведения лабораторных работ, образующие лабораторный практикум в электронной форме.

Данный практикум представляет собой комплекс материалов, позволяющих студентам самостоятельно ознакомиться с основным теоретическим материалом; выполнить предварительные расчеты; ознакомиться с этапами выполнения практической работы на лабораторном стенде; ответить на контрольные вопросы. Таким образом, студенту с объемной задолженностью преподаватель может предоставить электронные материалы, с которыми тот будет работать самостоятельно. При этом акцент работы смещается на углубленное изучение основных теоретических вопросов темы, самостоятельное освоение физических процессов, протекающих в приборах и схемах. Тесная связь с практикой обеспечивается наличием в электронных материалах фотографий лабораторных испытаний с фиксацией результатов проводимых экспериментов. На каждом зафиксированном этапе студентам сформулированы вопросы, ответы на которые требуют достаточно глубоких теоретических знаний и их применения при анализе различных фактов. После самостоятельной работы с электронным практикумом преподавателю достаточно провести со студентами собеседование и проверить выполнение ими письменных заданий. При необходимости наиболее сложные экспериментальные исследования можно провести в лаборатории практически.

Прогнозирование нагрузок временно неконтролируемых узлов энергосистем

Домников С.В., Згаевская Г.В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе функционирования системы автоматизированного пресектирования графиков активных нагрузок узлов основной сети энергосистемы могут иметь место случаи, когда для некоторых узлов, не оборудованных устройствами постоянного контроля нагрузок, нет даже результатов сезонных замеров этих нагрузок. Такие узлы будем называть временно неконтролируемыми. Функционирование подсистемы прогнозирования временных рядов в рамках АСДУ предполагает разработку алгоритмов и программ прогнозирования нагрузок и этого типа узлов.

В настоящем докладе предложен один из возможных методов автоматизированного прогнозирования суточных графиков временно неконтролируемых узлов.

Пусть A, D – множества соответственно постоянно контролируемых и временно неконтролируемых узлов. Для каждого узла $i \in D$ можно выделить кластер $A_i \in A$ постоянно контролируемых узлов, для которых в том или ином смысле можно предполагать близость графиков $P^{(j)}(t)$, $j \in A_i$ к искомому графику $P_i(t)$. Такой кластер можно образовать исходя из известных номинальных параметров и схемы подстанции в узле $i \in D$. В частности, в A_i можно включать те узлы $j \in A$, которые имеют такую же установленную мощность трансформаторов, как и i -й узел, одинаковые с последним номинальные напряжения вторичных обмоток трансформаторов, одинаковый тип электропотребления приемников. Если же кластер A_i известен, то для прогнозирования любой точки $P_k^{(i)}(t)$, $k = \overline{1, n}$, можно использовать прогнозы соответствующих точек $\tilde{P}_k^{(j)}(t)$, $k = \overline{1, n}$, $j \in A_i$. Подход к такому прогнозированию предложен [1] исходя из общих закономерностей любых информационных процессов и рассуждений по аналогии. Показано, что точки прогнозируемого графика определяются по формуле

$$\tilde{P}_k^{(i)}(t) = \prod_{j \in A_i} \tilde{P}_k^{(j)}(t) \tilde{P}_k^{(i)}(t) / \sum_{v \in A_i} \tilde{P}_k^{(v)}(t), \quad k = \overline{1, n}.$$

Литература

1. Гурский, С. К. Адаптивное прогнозирование временных рядов в электроэнергетике / С.К. Гурский. – Мн.: Наука и техника. 1983.

Модификация метода динамического программирования для решения дискретных задач оптимизации

Домников С. В

Белорусский национальный технический университет

Признано, что алгоритмы, основанные на использовании метода динамического программирования (МДП), имеют существенные достоинства с точки зрения согласования решения задач смежных уровней временной и функциональной иерархии. Действительно, в основе этого метода лежит идея инвариантного погружения [1] решаемой оптимизационной задачи в семействе одноподобных задач, параметризованное теми или иными параметрами. Благодаря этому в ходе решения данной задачи с помощью МДП накапливается информация о решениях многих задач семейства при значениях параметров, отличных от тех, которые соответствуют условиям данной задачи. Тем самым создается возможность быстрого отыскания решения подзадач нижнего уровня временной иерархии, характеризующихся значениями параметров, отличными от принятых в задаче высшего уровня временной иерархии.

Однако обычной ситуацией в практических задачах оптимизации является случай, когда при решении задач нижнего уровня, временной иерархии изменяется хотя бы одна из: а) функций целевого функционала задачи верхнего уровня: б) констант в ограничениях – неравенствах. Это приводит к необходимости пересчета всех таблиц, сформированных на прямом ходе МДП.

Это недостаток МДП, используемого для решения вышеописанного класса задач смежных уровней временной и функциональной иерархии, можно значительно ослабить путем применения алгоритма, при котором изменения одной из функций целевого функционала или констант в ограничениях вызывает необходимость полной перестройки лишь одной таблицы прямого хода МДП, соответствующей вышеуказанному изменению в задаче оптимизации.

Предлагаемый алгоритм быстрого пересчета таблиц МДП применим как при изменении одного из слагаемых целевой функции или ограничений – неравенств, так и при их одновременном изменении.

Литература

1. Касти, Дж., Калаба, Р. Методы погружения в прикладной математике / Касти Дж., Калаба Р. – М.: Мир, 1976.

Влияние параметров электромагнитного поля на качество размагничивания ферромагнитных тел

Мороз Р.Р.

Белорусский национальный технический университет

Ферромагнитные детали в процессе изготовления, обработки, сборки и т.д. подвергаются воздействию внешних магнитных полей и намагничиваются. Намагниченные детали обладают большим коэффициентом трения; к ним прилипают ферромагнитные частицы; измерительные приборы при наличии намагниченных деталей дают ложные показания и т. д. Следовательно, для повышения качества изделий их необходимо размагничивать.

Одним из перспективных методов размагничивания является динамический, при котором деталь перемагничивается знакопеременным затухающим электромагнитным полем. Качество динамически размагниченных ферромагнитных тел зависит от параметров размагничивающего поля (начальной амплитуды, частоты) и времени размагничивания.

Экспериментально определено, что значение остаточной намагниченности тем меньше, чем больше начальная амплитуда размагничивающего поля. Однако значение начальной амплитуды ограничено габаритами намагничивающего устройства, числом витков и сечением провода. Обычно демагнетизатор изготавливают так, что амплитуда первого размагничивающего импульса магнитного поля равна амплитуде намагничивающего поля и противоположна по направлению.

Частота размагничивающего поля должна быть не выше критической, чтобы электромагнитная волна смогла проникнуть на всю глубину размагничиваемого тела, и, кроме того, значение волны внутри ферромагнитного тела должно быть таким, чтобы её энергии хватило на то, чтобы разориентировать доменную структуру ферромагнитного тела. В этом случае тело размагничивается полностью, включая и внутренние слои. Здесь нужно учитывать, что по мере проникновения волны вглубь ферромагнитного тела её амплитуда уменьшается. Что касается времени размагничивания, то оно должно быть достаточным, чтобы тело перемагничивалось несколько десятков раз. Только за такое время тело может быть размагничено качественно. При этом нужно иметь в виду, в любом случае каждой чистоте соответствует своё время размагничивания, при котором доменная структура полностью разориентирована (оптимальная частота и оптимальное время размагничивания). В этом случае ферромагнитное тело размагничено полностью (значение остаточной намагниченности минимально).

**Модели однофазных и трехфазных трансформаторов
в системах динамического моделирования**

Новаш И.В.

Белорусский национальный технический университет

В данной работе рассматривается моделирование однофазных трансформаторов напряжения, тока и силовых трехфазных трехстержневых трансформаторов с помощью компьютерного пакета Simulink-MatLab.

Решение математических моделей, состоящих из дифференциальных уравнений электрических контуров и алгебраических уравнений магнитных цепей, совместно с характеристиками намагничивания выполнено с использованием библиотечных операционных блоков пакета, позволяющих выполнять дифференцирование, интегрирование, суммирование и масштабирование сигналов. Использовались математические модели однофазных и трехфазных трансформаторов, основанные на теории с единым потоком рассеяния от двух обмоток, сосредоточенным в межобмоточном канале, и отдельными магнитными потоками в стержне и ярме магнитопровода. Характеристика намагничивания аппроксимируется на четырех участках степенными полиномами. Такое представление характеристики намагничивания позволяет повысить достоверность форм кривых выходных сигналов при аварийных режимах, когда в трансформаторах может наступать глубокое насыщение ферромагнитных сердечников.

Полученные модели трансформаторов могут быть использованы, как библиотечные модули пакета Simulink-MatLab, при моделировании сложных электроэнергетических систем для расчета стационарных и аварийных режимов. Учет конструктивных особенностей магнитопровода и обмоток, а также уточненное представление характеристик намагничивания позволяет получать наиболее близкие к реальным графики выходных сигналов измерительных трансформаторов напряжения и тока. Использование авторских моделей трансформаторов повышает достоверность результатов вычислительного эксперимента в компьютерных системах динамического моделирования и позволяет использовать эти системы для оценки поведения релейных защит электроэнергетических объектов [1].

Литература

1. Романюк, Ф.А., Новаш, И. В., Тишечкин, А.А., Румянцев, В.Ю., Бобко, Н.Н., Глинский, Е.В. Применение компьютерных систем динамического моделирования для оценки поведения релейных защит линий электропередачи // Энергетика ... (Изв. высш. учеб. заведений). – 2008. – № 5. – С. 5–14.

Методика проведения тестирования по электротехническим дисциплинам

Жуковская Т.Е., Куцыло А.В., Устимович В.А.
Белорусский национальный технический университет

Некоторые особенности методики проведения тестирования рассматриваются применительно к преподаваемым авторами дисциплинам «Электротехника и электроника», «Теоретические основы электротехники», «Электроника и информационно-измерительная техника».

Тестирование, согласно педагогической литературе, является методом объективного контроля усвоения знаний. Объективность тестирования означает, что задание теста обязательно должно быть дополнено вполне определенной методикой измерения и оценки результата его выполнения. Особенности методики тестирования по названным выше дисциплинам обусловлены спецификой учебного материала самих дисциплин и их разделов.

Существенное влияние на содержание заданий теста оказывает степень математической формализации учебного материала. Наиболее математически формализованы дисциплина «Теоретические основы электротехники» и раздел «Электротехника» дисциплины «Электротехника и электроника». Здесь естественной формой задания теста являются задачи. Составлению заданий тестов способствует наличие опубликованных сборников задач, однако, и при их использовании за составителем теста остается анализ учебных элементов, используемых в задачах, составление эталона – полного и правильного решения, а также разработка шкалы оценок, учитывающей значимость учебных элементов. С учётом необходимости наличия определенного количества равноценных по сложности вариантов заданий, разработчик теста обычно не может ограничиться заимствованием готовых заданий из сборника задач и дополняет их самостоятельно разработанными.

Дисциплина «Электроника и информационно-измерительная техника» в меньшей степени формализована математически, учебный материал содержит значительное количество словесных описаний различных устройств и их принципов действия. Для проверки усвоения такого материала тесты первого уровня могут содержать задания на опознание, на различение, на классификацию, тесты второго уровня могут быть тестами-подстановками или конструктивными тестами.

Для составления заданий тестов возможно привлечение студентов под руководством преподавателей.

Устимович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из способов экономии электроэнергии в распределительных сетях является уменьшение потерь в них посредством снижения потребления реактивной мощности потребителями. Для компенсации реактивной мощности и одновременной фильтрации высших гармоник в тяговых сетях электрифицированного железнодорожного транспорта устанавливаются фильтр-компенсирующие устройства.

При отключении фильтр-компенсирующего устройства от сети конденсаторы могут оказаться заряженными на амплитудное напряжение (в самом худшем случае). Через $\frac{1}{2}$ периода напряжение на контактах высоковольтного выключателя может достичь значения равного двойному амплитудному, если конденсаторы не будут интенсивно разряжаться. Такая ситуация приводит к повторному пробоев межконтактного промежутка выключателя.

Фильтр-компенсирующее устройство, в котором анализируются переходные процессы, построено по второй схеме Фостера. При отключении фильтр-компенсирующего устройства от сети в дугогасительной камере выключателя возникает дуга, гаснущая при прохождении тока через ноль. Параллельно с конденсаторами подключены трансформаторы напряжения, питающие релейную защиту. После отключения от сети конденсаторы начинают разряжаться через трансформаторы напряжения. Вследствие насыщения магнитопровода трансформатора скорость протекания переходного процесса увеличивается. Однако переходный процесс носит колебательный характер. Поэтому говорить об уменьшении практически до нуля индуктивной составляющей сопротивления трансформатора по отношению к активной в данном случае не корректно.

Система уравнений, описывающая переходной процесс в рассматриваемой схеме, содержит 12 дифференциальных нелинейных уравнений. Нахождение решения системы уравнений не всегда возможно итерационными методами. Это связано с падающим характером вольтамперной характеристики дуги.

Разработана программа, реализующая метод кусочно-линейной аппроксимации нелинейных вольтамперных характеристик. На каждой итерации переходной процесс рассчитывается операторным методом. Затем рассчитывается время, в течение которого справедливо найденное решение. Далее находятся токи через индуктивности и напряжения на конденсаторах, являющиеся начальными условиями для следующей итерации.

Регулятор напряжения в системах промышленного электроснабжения с улучшенным спектральным составом

Сончик Л. И.

Белорусский национальный технический университет

Для многих энергоемких потребителей с целью обеспечения необходимых технико-экономических показателей их работы напряжение или ток должны регулироваться по заданному закону или, в частном случае, поддерживаться неизменным.

Одним из наиболее распространенных способов регулирования напряжения в электрических сетях является ступенчатое регулирование, осуществляемое за счет изменения коэффициента трансформации путем переключения ответвлений обмоток трансформатора.

Особый интерес представляют устройства для регулирования напряжения в распределительных сетях, к которым подключены несимметричные и нелинейные нагрузки, влияющие на гармонический состав напряжения. Известно устройство регулирования напряжения в трехфазных сетях с искусственной нейтральной точкой, выполненное на основе трехфазного трансформатора планарной конструкции с основными обмотками, включенными во встречный зигзаг, общая точка нулевых выводов которых подсоединена к нулевому проводу сети, и дополнительными обмотками с отводами, включенными в расщелку каждого фазного провода. Недостатками этого устройства являются сложность конструкции и увеличенный расход активных материалов. Упростить устройство регулирования напряжения одновременно с экономией активных материалов можно, выполнив его на основе магнитопровода витой пространственной конструкции, основные обмотки которого соединены в звезду.

Магнитопровод витой пространственной конструкции состоит из трех стержней, образующих три стержня стыкованными боковыми сторонами полу-стержнями, на которых расположены основные обмотки, соединенные в звезду. При подключении устройства к трехфазной сети с частичным или полным вводом дополнительных обмоток в месте установки будет осуществляться регулирование уровня напряжения. Токи нулевой последовательности будут вызывать в рамках магнитопровода, представляемых собой отдельные контуры магнитной цепи, магнитные потоки противоположного направления, вследствие чего сопротивление указанным токам будет мало. Это позволяет получить экономию материалов на 15 % за счет конструктивного исполнения обмоток трансформатора при сохранении функциональных возможностей устройства.

Использование трехфазных трансформаторных преобразователей частоты в системах питания электротехнологических установок

Сончик Л. И.

Белорусский национальный технический университет

В системах питания электротехнологических установок наблюдается увеличение числа и единичных мощностей электроприемников с нелинейными характеристиками, что приводит к ухудшению качества электрической энергии. Мощности таких нагрузок в некоторых случаях могут достигать 60 % мощности трансформаторной подстанции. Это приводит к увеличению коэффициента несинусоидальности до 10...15 %, что оказывает существенное влияние на работу другого оборудования, в особенности, систем управления, компьютерных сетей.

Ухудшение качества электроэнергии в системах электроснабжения электротехнологических установок приводит к необходимости использования вторичных источников питания для таких приемников. В качестве таких источников можно использовать преобразователи частоты и числа фаз. Хорошими технико-экономическими показателями работы в таком качестве обладают преобразователи частоты и числа фаз на ферромагнитных элементах. Преобразование частоты может осуществляться с помощью настроенных контуров. Однако такие преобразователи в силовых устройствах мало пригодны вследствие изменения параметров нагрузок во время работы, что приводит к расстройке контуров.

Статические преобразователи частоты эффективно реализуются на базе магнитопроводов витой пространственной конструкции. Использование такое элементной базы позволяет создавать трехфазные преобразователи с высоким уровнем качества электроэнергии в системах электроснабжения электротехнологических установок. Распределение числа витков первичных обмоток фаз на стержнях магнитопровода выполняется по гармоническому закону в соответствии с шагом расположения стержней в пространстве пропорционально номеру гармоники и обратно пропорционально числу стержней. В результате выполнения условия распределения первичной обмотки по стержням магнитопровода первичный ток преобразователя при синусоидальной форме приложенного напряжения практически синусоидален. Это подтверждается экспериментальными исследованиями преобразователя в режиме умножения частоты - коэффициент гармоник первичного тока не превышает пяти процентов. Преобразователи такого типа обладают высоким коэффициентом полезного действия, устойчивостью к коротким замыканиям нагрузки.

Магнитный дефектоскоп с феррозондовым датчиком

Михальцевич Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Существуют различные способы и устройства для обнаружения дефектов в ферромагнитных изделиях (ФИ). Дефекты на ФИ виде трещин в десятки и даже в сотые доли миллиметра и анизотропию магнитных свойств различных сталей на поверхности и на глубине нескольких миллиметров можно обнаружить с помощью магнитных дефектоскопов (МД). Они содержат, чаще всего, корпус, магнит, магниточувствительный элемент (МЭ) и регистрирующий блок (РБ). В качестве МЭ чаще всего применяют датчики Холла и феррозонды. Практика показывает, что при тщательном изготовлении феррозондовые датчики имеют более высокую чувствительность к изменению магнитного поля, чем датчики Холла. Поэтому в данном МД в качестве МЭ используются феррозонды.

Чтобы обнаружить дефект на ФИ, его надо намагнитить неподвижным или вращающимся магнитом и просканировать МЭ поверхность контролируемого изделия. При этом МЭ должен быть установлен так, чтобы при отсутствии дефекта ФИ, на выходе МЭ был минимальный уровень сигнала. Достоверность контроля дефектов контролируемой поверхности может уменьшиться из-за чувствительности датчика к изменению зазора между датчиком и изделием и его чувствительности к внешним полям. Поэтому МЭ в МД выполнен из двух частей, включенных по схеме градиентометров, установленных на рабочей поверхности кольцевого магнита и сориентированных осями максимальной чувствительности по касательной окружности с центром на оси кольцевого магнита, расположенного над изделием плоской или шаровой формы.

Контроль дефектов ведется следующим образом. Датчик дефектоскопа устанавливают на контролируемую поверхность ФИ, приводят во вращение магнит и МЭ вокруг оси магнита и перемещают датчик по поверхности контролируемого изделия. При этом магнит намагничивает изделие в зоне расположения двух магниточувствительных элементов. Если при перемещении по изделию МЭ дефектоскопа в намагничиваемую зону попадет дефект, то он образует магнитное поле рассеяния и на МЭ действует тангенциальная составляющая магнитного поля рассеяния. На выходе МЭ появляется ЭДС. Она обрабатывается РБ, состоящим из высокочастотного генератора, избирательного усилителя, детектора, фильтра низкочастотной составляющей сигнала ошибки, вызванной вращением МЭ относительно ФИ, фильтра высокочастотной составляющей сигнала, регулируемого порогового устройства сигнала дефекта и индикатора.

Избирательный усилитель на операционных усилителях с высокой добротностью

Михальцевич Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Избирательные усилители (ИУ) находят широкое применение в радиотехнике и электронике, а также в специальных приборах, например, приборах неразрушающего контроля.

Электрические схемы ИУ разрабатывают на базе LC -контуров, гираторов, операционных усилителей, охваченных частотно-зависимыми обратными связями.

Предлагаемая схема избирательного усилителя предназначена для подключения к измерительной обмотке феррозонда – магниточувствительного элемента, часто применяемого для обнаружения или измерения таких характеристик магнитного, как магнитная индукция и намагничённость (остаточная намагничённость) в приборах неразрушающего контроля. Малогабаритный феррозонд может иметь размеры менее 1-го мм. При этом частоту феррозонда, подключенного к обмотке возбуждения феррозонда, выбирают около 50 кГц. Выбрав рабочую частоту феррозонда вторую гармоническую составляющую частоты его возбуждения, необходимо, чтобы ИУ усиливал до необходимой величины частоту около 100 кГц и подавлял остальные частоты. Особо следует обратить внимание на подавление в ИУ первой и третьей гармонической составляющую частоты его возбуждения.

Чтобы получить как можно больший динамический диапазон работы ИУ он состоит из двух пассивных режекторных фильтров (ПРФ) на основе двойного T -образного RC моста, настроенных на частоту 50 кГц и 150 кГц, разделенных между собой усилителем на операционном усилителе (ОУ) для лучшего согласования их между собой и компенсации потерь полезного сигнала частотой 100 кГц и полосового фильтра на трёх ОУ, типа КР544УД2, с двухпетлевой цепью частотно-зависимой отрицательной обратной связи, включённых последовательно и настроенных на частоты 96 кГц, 100 кГц и 104 кГц соответственно.

Коэффициент усиления ступенчато изменяется с помощью электронного переключателя, выполненного на специализированных микросхемах КР590КН8. Коэффициент усиления изменяется автоматически, в зависимости от уровня входного сигнала.

Предлагаемый ИУ имеет следующие технические характеристики: коэффициент усиления частоты 100 кГц – 50 dB; полоса пропускания 8 кГц; подавление частот 50 кГц и 150 кГц – 75 dB и -54 dB.

Пьезоэлектрические микродвигатели

Счастливая Е.С.

Белорусский национальный технический университет

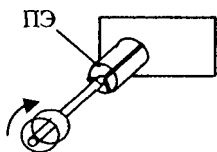
Пьезоэлектрическими микродвигателями (ПМД) называются двигатели, в которых механическое перемещение ротора осуществляется за счет пьезоэлектрического эффекта.

Пьезоэффект обнаружили Жанна и Поль Кюри в 1880 году на кристаллах кварца. В дальнейшем эти свойства были открыты более чем у 1500 веществ.

Некоторые твердые материалы, например, кварц способны в электрическом поле изменять свои линейные размеры и относятся к пьезоэлектрическим материалам. Железо, никель, их сплавы или окислы при изменении окружающего магнитного поля также могут изменять свои размеры и относятся к пьезомагнитным материалам. Соответственно различают пьезоэлектрический и пьезомагнитный эффекты.

Также существует прямой и обратный пьезоэффекты. Прямой - это появление электрического заряда при деформации пьезоэлемента. Обратный - линейное изменение размеров пьезоэлемента при изменении электрического поля. Пьезоэлектрический двигатель работает на обратном пьезоэффекте.

В настоящее время существует множество различных конструкций ПМД.



Рассмотрим конструкцию одного из них. К неподвижному пьезоэлементу (ПЭ) – статору – прикладывается переменное трехфазное напряжение. Под действием электрического поля конец ПЭ последовательно изгибаясь в трех плоскостях, описывает круговую траекторию. Штырь, расположенный на подвижном конце ПЭ, трением взаимодействует с ротором и приводит его во вращение.

Отсутствие обмоток и простота технологии изготовления, высокая удельная мощность (123 Вт/кг у ПМД и 19 Вт/кг у обычных электромагнитных микродвигателей), большой КПД = 85%, широкий диапазон частот вращения и моментов на валу, отличные механические характеристики, отсутствие излучаемых магнитных полей и другие преимущества ПМД позволяют рассматривать их как двигатели, которые в недалеком будущем в широких масштабах заменят применяемые в настоящее время электрические микромашинны.

Теплоэнергетика

УДК 621.181

Способы использования теплоты уходящих газов в котлах

Жихар Г.И., Жихар И. Г

Белорусский национальный технический университет

Актуальность повышения эффективности использования газа в народном хозяйстве растет вместе с увеличением его удельного веса в топливном балансе страны и с ростом его стоимости. Природный газ занимает доминирующее место в топливном балансе Республики Беларусь.

Одним из основных источников повышения эффективности использования природного газа является полная утилизация теплоты уходящих газов котлов.

Максимальное использование топлива в газифицированных котлах возможно лишь при охлаждении продуктов сгорания ниже точки росы, составляющей 50-60 °С, и утилизации не только физической теплоты, но и скрытой теплоты парообразования, содержащейся в газах водяных паров, составляющей около 12-15 % низшей теплоты сгорания топлива.

При выборе схемы утилизации теплоты и типов утилизаторов необходимо учесть, что природный газ имеет принципиальные особенности, выгодно отличающие его от всех других топлив.

Во-первых, подавляющее большинство месторождений природного газа не содержат серы, что приводит к отсутствию в продуктах сгорания SO_2 и SO_3 . Отсутствие серы позволяет применить глубокое охлаждение продуктов сгорания до точки росы и ниже.

Во-вторых, продукты сгорания природного газа являются чистыми, так как не содержат каких-либо загрязняющих твердых частиц.

Эти специфические особенности газа и продуктов сгорания позволяют применить не только поверхностные, но и контактные теплообменники, в которых газы непосредственно соприкасаются с нагреваемой водой.

УДК 621.165

Применение динамических температурных графиков на паротурбинных ТЭЦ

Седнин А.В., Богданович М.Л.

Белорусский национальный технический университет

В области теплофикации можно выделить группу задач, для которых трудно получить аналитическое решение, в том числе и определение оптимального температурного графика. Это связано с невозможностью найти общего решения для всех паротурбинных ТЭЦ. Поэтому теплофикацион-

ные системы были разбиты на группы в зависимости от начальных параметров.

Для определения влияния температуры сетевой воды на потребление ТЭР была разработана математическая модель виртуальной системы теплоснабжения (СЦ), состоящую из ТЭЦ со средними параметрами пара, тепловую сеть, теплоиспользующие установки. Сравнимые варианты работы СЦ уравнивались по количеству отпущенной электроэнергии с учетом замыкающей КЭС. В качестве критерия выбора оптимальной температуры прямой сетевой воды принимался минимум системного расхода топлива.

По результатам исследования была получена зависимость оптимальной температуры сетевой воды от величины технологических тепловых потерь в тепловых сетях, при различных температурах наружного воздуха в виде поверхности, проецирование которой представляется в виде семейства функциональных зависимостей оптимальной температуры сетевой воды от технологических тепловых потерь для различных температур наружного воздуха. При нулевых технологических потерях в тепловой сети, значение оптимальной температуры соответствует максимуму удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении рассматриваемой ТЭЦ.

Результаты подтверждают необходимость корректировки температуры прямой сетевой воды, в зависимости от тепловой нагрузки, времени суток, температуры наружного воздуха и величины технологических потерь, т.е. создания динамических температурных графиков.

УДК 697.34

Разделение расходов топлива между электроэнергией и теплотой на ТЭС, использующих парогазовые технологии

Качан С.А.

Белорусский национальный технический университет
Филазафович В.И., Свицерский Г.А., Дубровенский А.Н.
ОАО "Белэнергоремналадка"

В условиях все более широкого применения в энергетике Беларуси газотурбинных (ГТУ) и парогазовых (ПГУ) установок актуальной является разработка единой методики нормирования показателей топливоиспользования на ТЭС, использующих парогазовые технологии.

Особенностью ПГУ является то, что теплота топлива, подведенного в камеру сгорания ГТУ, используется как в цикле самой ГТУ, так и в "подстроеном" паросиловом цикле, тем или иным способом использующем теплоту уходящих газов ГТУ.

При этом отнесение всей величины потерь с уходящими газами q_2 на паросилового цикл приводит в итоге к завышению удельного расхода топлива на отпуск теплоты от ПГУ.

Для возможности использования основных положений действующей методики нормирования, основанной на физическом методе разделения расходов топлива, предлагается ввести понятие "условного" котла, объединяющего сам парогенератор и ГТУ. От "условного" котла отпускается не только теплота (с сетевой водой, с паром на паровую турбину и т.д.), но также электроэнергия в высокотемпературном газовом цикле. При расчете КПД брутто такого котла $\eta_{ук}^{бр} = 1 - q_2$, потери q_2 определяются в долях от теплоты всего подведенного в комбинированном цикле (как в ГТУ, так и в парогенераторе) топлива. В этом случае часть потерь q_2 комбинированной установки относится на выработку электроэнергии ГТУ и соответственно уменьшается количество топлива, относящегося на отпуск теплоты.

Преимущества предлагаемой методики заключаются в том, что она, будучи физически строгой и наглядной, позволяет более адекватно сравнивать экономичность производства электроэнергии и теплоты энергоустановками, использующими как традиционные паросиловые, так и парогазовые технологии.

УДК 621.165+621.438

Маневренные характеристики утилизационных ПГУ

Качан С.А., Барановский И.Н.

Белорусский национальный технический университет

Хотя одноцелевые ГТУ являются высоко маневренными установками, ввод в тепловую схему котла-утилизатора (обычно барабанного типа) и паровой турбины приближает маневренные характеристики утилизационных ПГУ (УПГУ) к значениям, характерным для традиционных паросиловых установок.

Например, не смотря на то, что пуск ГТУ при ее автономной работе может осуществляться за несколько минут [1], необходимость прогрева котла-утилизатора, трубопроводов и паровой турбины растягивают время пуска УПГУ на 2–3,5 часа [2].

По условию обеспечения устойчивой и надежной работы УПГУ с высокими экологическими и экономическими показателями минимальная граница их регулировочного диапазона соответствует нагрузке около 60–65 % номинальной для моноблоков и около 30–35 % для дубль-блоков (при останове одной ПУ) [2].

Для повышения допустимой скорости изменения мощности паровой части (до 6...6,5 %/мин [3]) необходимо поддержание температуры газов за турбиной постоянной (что для одновальной ГТУ возможно за счет прикрытия входного направляющего аппарата компрессора). При этом резкий сброс нагрузки одной из ГТУ в дубль-блоке недопустим по условию работы котла.

Как видно, УПГУ являются сложными системами, и для эффективной их эксплуатации в условиях Белорусской энергосистемы (тем более с учетом планируемого ввода АЭС), исследование способов реализации и повышения маневренных возможностей этих установок является актуальной задачей.

Литература

1. Лебедев, А.С., Костенников, С.В. Тенденции повышения эффективности ГТУ // Теплоэнергетика. - 2008. - № 6. - С. 11-18.
2. Радин, Ю.А. Освоение первых отечественных бинарных парогазовых установок // Теплоэнергетика. - 2006. - № 7. - С. 4-13.
3. Динамические характеристики парогазовой установки ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ Санкт-Петербурга / Березинец П.А., Крашенников В.Г., Костюк Р.И., Писковацков И.Н. // Электрические станции. - 2001. - № 7. С. 5-11.

УДК 620.9

Некоторые аспекты к разработке систем отопления в современных условиях Республики Беларусь

Герасимова А.Г., Левшеня А.И., Жевжик А.В.,
Бабей О.В., Козлов А.И.

Белорусский национальный технический университет

При затратах энергии на отопление свыше 25-30 % от суммарного потребления топливно-энергетических ресурсов в Республике Беларусь, в современных условиях особенно актуальным становится вопрос об энергосбережении, в частности в системах индивидуального водяного отопления. Это усугубляется неизбежным ростом цен на топливо, в перспективе максимально приближенным к европейским, когда проживающие в индивидуальных домах, особенно в сельской местности, жители весь рост понесут на себя без государственных дотаций.

Произведены расчеты теплопотребления жилого индивидуального дома типовой конструкции и определено экономически целесообразное сопротивление теплопередаче на основе выбора толщины теплоизоляционного слоя.

Рассмотрены концепции и критерии энергосберегающих, так называемых "пассивных домов", где расход на отопление сводится к минимуму за счет максимального использования внутренних источников тепла, альтернативных источников энергии и применения высокоэффективных теплоизоляционных материалов.

Предложен и проанализирован вариант "пассивного дома" с применением тепловых насосов, гелиоустановок, высокоэффективной тепловой изоляцией и рекуперацией тепла, позволяющий снизить расход потребляемой энергии в 2-2,5 раза.

УДК 621.165

Опыт проектирования биогазовых комплексов в Республике Беларусь

Седнин В.А., Прокопеня И.Н., Шимукович А.А.
Белорусский национальный технический университет

В последнее время в мировой практике все большее распространение получает строительство биогазовых комплексов, сооружаемых на предприятиях сельского хозяйства и городских очистных сооружениях. Производство биогаза из бытовых отходов, отходов промышленности и сельского хозяйства является примером применения биотехнологий – как производственного приема, позволяющего решать одновременно энергетическую и экологическую проблему общества.

В настоящее время в Республике Беларусь функционируют три биогазовых комплекса на территории сельскохозяйственных комплексов и еще несколько находятся на стадии проектирования.

Проектирование первых биогазовых комплексов на коммунально-бытовых очистных сооружениях Республики Беларусь выявил ряд проблем и сложностей. К ним можно отнести:

- получение технических условий (ТУ) на проектирование;
- отсутствие современной нормативной базы действующей на территории Республики Беларусь;
- отсутствие объективной информации о технологических решениях, методах и процессах при и режимах эксплуатации объектов аналогичного типа за рубежом;
- отсутствие сервисной базы по техническому обслуживанию зарубежного оборудования биоэнергетических комплексов на территории республики Беларусь, что изначально требует создавать избыточность проекта (включивать резервные единицы оборудования);
- отсутствие полной ясности, для каких целей строится объект;

- отсутствие законодательных актов, позволяющих технико-экономических расчета учитывать экологическую составляющую эффективности проекта.

УДК 621.165

Утилизация теплоты конденсата рециркуляции турбоустановки Т-250/300-240 в ДГУ

Богданович М.Л., Седнин А.А., Шкловчик Д.И.
Белорусский национальный технический университет

Теплофикационные паровые турбины предназначены для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, причем выработка электроэнергии возможна без отпуска теплоты потребителю – на чисто конденсационном режиме. В настоящее время республиканские ТЭЦ преимущественно работают по тепловому графику. Известно, что при увеличении тепловой нагрузки у теплофикационных турбин расход пара в конденсатор уменьшается, а поток рециркуляции основного конденсата (ПРК) возрастает, что необходимо для надежной работы системы концевых уплотнений паровой турбины. Проведенные исследования показали, что потери теплоты с ПРК для теплофикационных турбин мощностью 50...100 МВт составляют ориентировочно 12...25 ГДж/ч. Поэтому эффективность работы теплофикационных турбин можно повысить за счет сокращения этих потерь.

В качестве одного из возможного способа утилизации теплоты с ПРК теплофикационных турбин Т-250/300-240 рассмотрим подогрев природного газа перед детандер-генераторным агрегатом (ДГА) Минской ТЭЦ-4. Новый подогреватель природного газа может выполнять функцию, как основного подогревателя, так и подогревателя первой ступени, что определяется температурой ПРК турбины Т-250/300-240. Очевидно, что предложенный способ подогрева природного газа перед ДГА приведет к изменению тепловых потоков в системе регенерации турбоустановок ПТ-60-130/13 и Т-250/300-240. Данные преобразования наиболее просто оценить с помощью коэффициентов изменения мощности и ценности теплоты.

Подогрев природного газа перед ДГА уменьшается температура ПРК, поступающего в конденсатор и для поддержания вакуума в конденсаторе, сократится расход циркуляционной воды и снизится мощность циркуляционных насосов.

Предлагаемый способ подогрева природного газа перед одним из ДГУ Минской ТЭЦ-4 позволяет достигнуть годовой системной экономии топлива на уровне 2840 т у.т.

Экспериментальное исследование горения богатых смесей жидкого углеводородного топлива

Тарасевич Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Процессы неполного горения жидкого топлива могут сопровождаться значительным сажевыделением, причем в зависимости от технологического назначения процесс сажевыделения иногда желателен (шинная промышленность), а иногда нет (энергетика). В последних случаях предпринимаются различные меры, в основном конструктивного и организационного характера, для подавления сажеобразования: улучшение смесеобразования, применение специальных форсунок и т.д.

В этой связи важно оценить влияние таких определяющих параметров процесса, как температура, давление и скорости смешения на процесс сажеобразования. С этой целью были проведены экспериментальные исследования процесса неполного горения различных жидких углеводородных топлив: легких (бензин, керосин) с отношением $C/H=5-8$, средних (солярное масло) с отношением $C/H=8-12$, тяжелых (мазут) соотношением $C/H=12-20$.

Экспериментальная установка представляла собой реактор, снабженный гребенками для измерения температур и давлений, в который через форсунку подавалось топливо, а коаксиально – воздух. Процесс инициировался подогревом стенок камеры.

Исследования показали, что зависимость температуры горения от коэффициента избытка воздуха для различных видов топлива в исследованном диапазоне остается практически одной и той же. Температурное распределение по длине камеры характеризовалось четко выраженным минимумом, расположенным близко от входа в камеру. Местоположение минимума непостоянно и зависит от скоростей ввода топлива и воздуха и от вида топлива. При использовании более тяжелого топлива и малых скоростях минимум сдвигается вниз по потоку, что становится ясным, если проанализировать процессы каплеобразования, дробления, смешения и испарения. Экспериментальные измерения спектра распыла показали, что радиус капли легких топлив имел порядок 100-130 мкм, тяжелых 160- 200 мкм. Зная спектр распыла и время жизни капель, рассчитывалось количество испарившегося вещества в любом сечении камеры. Эти расчеты показали, что в точке температурного минимума это количество всегда примерно одно и то же и представляет собой нижний концентрационный предел воспламенения.

Метод расчета газовых турбулентных факелов

Тарасевич Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Расчет турбулентного факела, как правило, проводится при допущении о локализации горения на фронте пламени и инертном смешении компонент вне зоны горения. Это существенно упрощает решение задачи о горении факела неперемешанных газов и позволяет путем сравнительно несложного пересчета данных о распределении газодинамических параметров в неизотермических струях определить длину и форму факела, а также профили скорости, температуры и концентрации во всем поле течения.

Рассматриваемый расчет турбулентного диффузионного факела строится на основе метода эквивалентной задачи теории теплопроводности. Суть этого метода состоит в том, что он позволяет описывать процессы переноса в турбулентных струях линейными уравнениями типа теплопроводности, записанными для потоков избыточного импульса, энтальпии и вещества. Расчет турбулентного диффузионного факела проводится следующим образом. По заданному составу топлива, его теплоте сгорания, концентрации и температуре реагентов определяются значения стехиометрического комплекса β и температуры горения T_{ϕ} . Предварительно по уравнению химической реакции находится стехиометрический коэффициент Ω .

По полученным данным определяется длина факела. Следует отметить, что длина и форма затопленного диффузионного факела определяется концентрацией топлива и окислителя и их температурами. Расчет производится методом последовательных приближений. На заключительной стадии расчета определяются профили скорости, температуры и концентрации. Они, в свою очередь, выражаются в виде простых алгебраических зависимостей от функции, описывающей распределение плотности потока импульса в свободной струе.

Для практического применения предлагаемой методики существенное значение имеет вопрос о степени соответствия расчетных и опытных данных. Анализ показал, что результаты расчета удовлетворительно согласуются с экспериментальными значениями, что свидетельствует о достаточной эффективности предлагаемого метода.

Энергоэффективные технологии

Паровая газификация древесной биомассы

Хутская Н.Г., Космачева Э.М., Янцевич И.В
Белорусский национальный технический университет

Биотопливо является местным возобновляемым и экологически безопасным энергоресурсом, использование которого снижает зависимость от импорта ископаемых топлив. Основным компонентом биотоплива – древесины, содержит ничтожно малые количества золы (~1%), серы (~0,01%), азота (~0,1%) и является CO₂-нейтральным. Однако биомасса обладает высокой влажностью (до 60%) и низкой теплотворной способностью.

Газификация – это процесс, использующий тепло, давление и пар для преобразования материала непосредственно в газ, состоящий преимущественно из CO и водорода. Технологии газификации отличаются по многим аспектам, но основываются на четырёх факторах: атмосфера газификационного реактора (концентрация кислорода или содержание воздуха); конструкция реактора; внутренний или внешний нагрев; рабочая температура.

Древесина – легко газифицируемое топливо. Синтез-газ это преимущественно монооксид углерода и водород (более чем 85% от объема) и небольшие количества диоксида углерода и метана. Синтез-газ может использоваться как топливо для производства электричества или пара. Газификация твердых и жидких составляющих происходит с помощью пара, образовавшегося в результате испарения влаги древесины. Этот процесс считается автотермическим вследствие экзотермического характера разложения древесины и переноса тепла в систему от горячих продуктов.

Анализ показателей работы газифицирующей системы проведен на основании экспериментальных данных газификации древесной щепы влажностью $W^p = 12$ и 40%, осуществляемой при температуре 780 °С.

Получены данные по равновесному составу и изменению объемного состава синтез-газа при паровой газификации древесной биомассы в зависимости от температуры газификации и влажности древесины. Состав газа в зависимости от влажности газифицируемой древесины представлен в таблице 1. С ростом влажности древесины возрастает расход древесины в зону газификации и в целом на установку.

Таблица 1 – Состав газа для различной влажности древесины

Вид топлива	Состав продукта газификации, % (объемных)			
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄
Древесная щепа $W^p = 12\%$	29,97	31,52	20,23	12,88
Древесная щепа $W^p = 40\%$	36,55	25,30	22,83	10,51

Использование ТНУ в системах воздухообеспечения предприятий

Ганжин А.А., Климович С.В., Шашков Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Практически все промышленные предприятия используют в технологии сжатый воздух (автоматика пневмотранспорт, привод машин и механизмов и др.). Для производства сжатого воздуха используются компрессорные установки. Расход электроэнергии на привод – до $0,1 \text{ кВт/м}^3$, в целом система производства сжатого воздуха потребляет 20% всей электроэнергии, до 10% всех затрат на энергоресурсы. Анализ работы системы показывает, что до 30% всей энергии (на привод компрессора и сжатие воздуха), это потери с теплой водой системы охлаждения воздуха (выброс в атмосферу).

Охлаждающая вода с $t=20-30^\circ\text{C}$ поступает в градирни, охлаждается при этом происходит ее частичное испарение и с $t=10-15^\circ\text{C}$ опять поступает в систему для охлаждения.

Экономически целесообразно использовать эту низкопотенциальную теплоту в схеме теплоснабжения предприятия, в основном для подогрева воды в системе горячего водоснабжения для бытовых условий с требуемой температурой $t=50-60^\circ\text{C}$.

Расчеты показывают, что система воздухообеспечения может полностью обеспечить потребность в бытовой горячей воде. Наиболее эффективный метод – применение тепловых насосов (ТНУ), позволяющих повысить потенциал теплоты с $t=20^\circ\text{C}$ до уровня $t=50-60^\circ\text{C}$.

Количество полезной теплоты Q_1 определяется как $Q_1 = Q_2 \frac{\varphi}{\varphi - 1}$,

МДж/ч, где Q_2 – теплота (сбросная) системы охлаждения, φ – коэффициент преобразования $\varphi = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \eta$, для условия системы охлаждения

$\varphi = 3,5-4$. Необходимая мощность для привода ТНУ составляет 25–30% от величины полезной теплоты. Экономия топлива (расход на теплоту от источника теплоснабжения (ТЭЦ или котельная) и расходы на эксплуатацию) составят – 50–60%. Экономия затрат на энергии – 25÷30%, а окупаемость схемы с ТНУ от 4–5 лет.

Схема с установкой теплового насоса различного типа (компрессионные, абсорбционные ТНУ) в системе воздухообеспечения должна быть обязательным элементом комплекса системы энергосбережения промышленного предприятия.

Влияние процессов диффузии на условия плавления постоянного магнита в магнитной жидкости

Баштовой В.Г., Рекс А.Г., Климович С.В
Белорусский национальный технический университет

В данной работе исследованы процессы магнитофореза и броуновской диффузии в неоднородном магнитном поле приводящие к перераспределению концентрации частиц в магнитной жидкости, что приводит к перераспределению давления и изменению условий плавления тел в магнитной жидкости.

Схема экспериментальной установки для изучения влияния броуновской диффузии на плавление постоянного магнита в магнитной жидкости приведена на рисунке 1. Интенсивность диффузионных процессов и броуновского движения в магнитной жидкости определяется безразмерным параметром $U = \mu_0 m_m H_0 / kT$, характеризующим соотношение энергии магнитной частицы в магнитном поле и энергии теплового движения. Влияние параметра U на характер относительного изменения положения магнита во времени представлено на рисунке 2. На рисунке приведены кривые изменения положения магнита для двух значений параметра U . Вследствие диффузионных процессов в магнитной жидкости равновесное положение магнита изменяется со временем. Наиболее интенсивно изменение положения происходит в начальный момент времени в течение двух-трех часов, а далее положение магнита выходит на стационарное значение. При большем параметре U изменение положения магнита происходит интенсивнее.

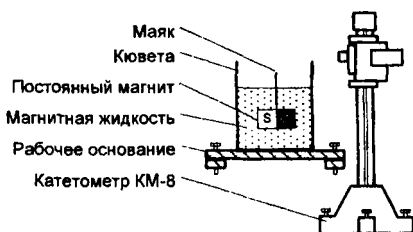


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

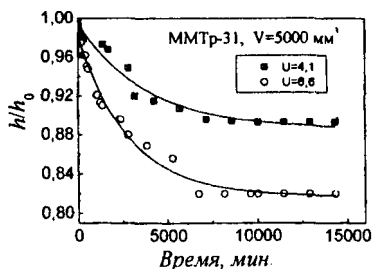


Рисунок 2. Влияние параметра U на положение магнита во времени

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

Использование теплоты грунта в системе теплоснабжения

Кривошеев Ю.К., Русецкий Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Грунт поверхностных слоев Земли является тепловым источником неограниченной мощности. Тепловой режим грунта формируется под действием падающей на поверхность солнечной радиации радиоактивного распада тяжелых элементов в недрах Земли. Глубина воздействия сезонных колебаний температуры наружного воздуха не превышает 20 м, поэтому тепловой режим слоев грунта, расположенных ниже этой глубины, формируется под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр Земли и не зависит от сезонных изменений параметров климата. При эксплуатации геотермальных теплонасосных систем теплоснабжения грунтовый массив, находящийся в зоне теплового влияния регистра труб грунтового теплообменника системы сбора низкопотенциальной теплоты грунта вследствие сезонного изменения параметров наружного климата, а также под воздействием эксплуатационных нагрузок на систему теплосбора подвергается многократному замораживанию и оттаиванию. Промерзание почвы, т.е. процесс затвердевания почвы в результате перехода почвенной влаги в лед, зависит от хода температуры, времени установления снежного покрова и количества снега, типа почвы, ее влажности, наличия или отсутствия растительности пр. В Беларуси он обычно начинается в первой половине декабря на северо-востоке, на юг и юго-востоке - позже, заканчивается в феврале или марте. Максимальная глубина промерзания почвы достигается в начале марта, причем на востоке и северо-востоке - до 1 м, на юго-западе - до 40 см. Осушение уменьшает влажность почвы и увеличивает глубину промерзания, в конце марта - начале апреля почвы оттаивают.

Анализ данных по средней глубине промерзания почвы и по температуре грунта на различной глубине (до 3,2 м) в Минской области показывает реальные возможности использования грунта как источника низкопотенциальной теплоты. Кроме того, характерной особенностью естественного температурного режима грунта является запаздывание минимальных температур грунта относительно времени установления минимальных температур наружного воздуха. Это означает, что к моменту наступления минимальных температур в грунте нагрузка на теплонасосную систему теплоснабжения будет снижаться из-за уменьшения теплопотерь здания. Таким образом, геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения имеют реальные перспективы по их использованию в Беларуси.

**Энергосберегающие технологии и конструктивные аспекты
возведения природоохранных объектов, включающих
геокомпозитные барьеры**

Минчукова М.Е.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в связи с ростом накопления промышленных и бытовых отходов чрезвычайно важным является изыскание новых подходов к проблеме их изоляции и обезвреживания, позволяющих свести до минимума вредное воздействие на окружающую среду.

Целью данной работы является рассмотрение и анализ современных конструктивно-технологических и энергоэффективных решений по обеспечению экологической безопасности полигонов с использованием современных геосинтетических материалов.

Проектирование и строительство экологически безопасных полигонов требует учета комплекса мероприятий: выбора площадки размещения и выполнения инженерных изысканий; выбора оптимальной конструкции полигона, материалов, их монтажа; определения конструктивных и технологических мер по выводу из эксплуатации полигона по мере его заполнения и рекультивации территории.

С целью оборудования полигонов надежной изоляцией используют геокомпозитные экранирующие системы, включающие дренирующий слой для сбора и удаления фильтрата. Для создания закрытой системы изоляции полигонов сооружают покрывающие конструкции, состоящие из композитного барьера, а также дренажного и газопроводящего слоев с оборудованием газосборной системой, осуществляющей перехват и отвод биогаза из толщи отходов. Эффективным решением по локализации необорудованных свалок является изоляция их вертикальным барьером, выполненным путем отрывки траншеи с оборудованием ее верхней грани геомембраной и заполнением малопроницаемым грунтом, а также осуществлением струйной цементации под толщей отходов.

На стадии разработки находится проект, предусматривающий устройство отсекающей вертикальной гидроизоляции, выполненной из геосинтетиков, по методу бестраншейных технологий.

Новые виды покрытий и элементы конструкций позволяют повысить эксплуатационную надежность и сроки службы возводимых объектов, уменьшить расход природных строительных материалов, снизить объем земляных работ, сократить сроки строительства и энергозатраты.

Выбор приоритетных направлений повышения уровня энергетической безопасности в условиях неопределённости исходной информации

Падалко Л.П., Червинский В.Л.

Белорусский национальный технический университет

Под энергобезопасностью страны понимается её защищённость от различного рода внутренних и внешних угроз, которые могут привести к ограничению или прекращению энергоснабжения. Основным индикатором безопасности страны является уровень обеспеченности собственными энергетическими ресурсами. В настоящее время этот показатель составляет примерно 16-17 %. Энергоэффективность производства и потребления энергии выражается показателем энергоёмкости национальной экономики, величина которой в Беларуси в два-три раза превышает этот показатель в экономически развитых странах.

Несколько значительный потенциал составляют возобновляемые источники энергии, к которым могут быть отнесены гидроресурсы, ветер, солнце, биомасса. Экономический потенциал гидроэнергоресурсов Беларуси сравнительно невелик и составляет примерно 250 МВт, а технический потенциал — 500 МВт. Вовлечение в энергобаланс страны только экономического потенциала позволит заместить примерно 3 % общей выработки электроэнергии на базе тепловых электростанций. В условиях существенного повышения цены на природный газ целесообразна переоценка уровня экономического потенциала и не исключено, что его величина возрастёт в два раза. Бытует мнение, что в Беларуси нет достаточного ветроэнергopotенциала. Однако, институтом «Белэнергосетьпроект» выявлено на территории Беларуси примерно 1840 площадок, на которых по ветровым условиям возможно размещение ветроэнергоустановок. Если ориентироваться на опыт эксплуатации двух ветроустановок в Занарочи, где с 1 кВт установленной мощности снимается в год 1700 кВтч электроэнергии, то можно энергopotенциал ветра оценить не менее чем в 10 млрд. кВтч в год. Следует отметить, что с 1 кВт установленной мощности солнечной электростанции в условиях Беларуси можно снять не более 900 кВтч электроэнергии в год и при этом этот кВт стоит в 4-5 раз дороже, чем для ветроэнергоустановки. Так что ветроэнергетика экономически перспективнее, чем солнечная энергетика.

К биомассе относим древесную массу и другую массу растительного происхождения. Если в полной мере использовать энергopotенциал биомассы, то на её основе можно заместить 3-4 млн. т.у.т. в год.

**Исследование диссипативного нагрева магнитной жидкости
в магнитожидкостном уплотнении**

Погирицкая С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Принцип работы магнитожидкостного уплотнения основан на том, что магнитная жидкость, удерживаемая постоянными магнитами, заполняет зазор между вращающимся валом и корпусом и тем самым обеспечивает герметизацию. Проблема заключается в том, что высокая скорость вращения внутренней поверхности (вала) приводит к разогреву жидкости вследствие вязкой диссипации. Жидкость интенсивно испаряется, что в конечном итоге ведет к разгерметизации уплотнения.

Величина диссипации определяется распределением скоростей в объеме магнитной жидкости. Повышение температуры приводит к изменению величины вязкости жидкости, что, в свою очередь, меняет распределение скорости в слое жидкости. Представляет интерес выяснить, как влияет температурная зависимость вязкости на диссипацию энергии в кольцевом слое магнитной жидкости. Численно решалась задача о распределении температуры и скорости для ламинарного слоя магнитной жидкости с учетом температурной зависимости вязкости. Анализ полной системы уравнений Навье-Стокса для осесимметричного движения жидкости показал, что поперечными компонентами скорости можно пренебречь и считать движение однонаправленным. На твердых стенках задавались условия прилипания, на свободной поверхности - равенство нулю касательных напряжений. Температура неподвижной стенки считалась постоянной за счет систем охлаждения, тепловой поток через вал полагался отсутствующим. При расчетах использовалась экспоненциальная зависимость вязкости магнитной жидкости от температуры для трансформаторного масла $\eta = \eta_0 \exp(\gamma(T - T_0))$ с коэффициентом $0,04 \text{ K}^{-1}$.

Диссипация приводит к возникновению радиального градиента температуры в зазоре. Вычисленная в предположении постоянства свойств магнитной жидкости диссипация пропорциональна квадрату скорости вала. Учет температурной зависимости вязкости дает практически линейную зависимость, т. к. уменьшение вязкости замедляет рост диссипации, что хорошо согласуется с экспериментальными данными. Максимального значения температура достигает на валу.

Проведенные исследования позволили численно показать влияние разогрева магнитной жидкости на профили скоростей и температуру в зазоре магнитожидкостного уплотнения.

Эффективность использования абсорбционных холодильных машин в промышленности

Кравченко Е.В., Довнар А.А.

Белорусский национальный технический университет

Абсорбционные холодильные машины (АХМ) – оборудование, позволяющее из тепла получить холод. Принципиальное отличие АХМ от традиционных парокомпрессионных холодильных машин (ПКХМ) состоит в том, что для получения холода используется не электрическая, а тепловая энергия.

Принцип действия АХМ основан на использовании свойств бинарных растворов, компоненты которых при одинаковом давлении имеют существенно различающиеся температуры кипения, и их взаимная растворимость тоже существенно зависит от температуры. Один из компонентов раствора выполняет функции поглотителя (сорбента), второй – хладагента.

Диапазон мощностей АБХМ по производительности - от десятков кВт до десятков МВт. Электропотребление составляет 0,5-1,6% от номинальной холодопроизводительности.

В зависимости от температуры теплоносителя источника применяется одно- и двухступенчатое охлаждение. В первом случае среднее значение ϵ (ϵ - холодильный коэффициент - основной параметр, характеризующий эффективность АБХМ, равен отношению холодопроизводительности к расходу теплоты) будет составлять 0,75, во втором - 1,39.

Внедрение АБХМ, использующих водный раствор LiBr (не относящийся к категории опасных веществ) - эффективное решение проблемы вывода из обращения экологически вредных хладагентов применяемых в традиционных системах холодоснабжения в качестве рабочего вещества.

Высокая степень автоматизации обеспечивает поддержание заданных параметров и работу без постоянного присутствия персонала. Изменение настроек и контроль состояния оборудования может осуществляться с удаленного диспетчерского пульта или даже по сети Интернет. Сообщение о возможных неисправностях поступает задолго до возникновения аварийной ситуации.

АХМ характеризуются низкой стоимостью; низким уровнем потребления электроэнергии; низким уровнем шума отсутствием вибрации; возможностью применить в качестве источника энергии бросовые источники теплоты: выхлопные газы ДВС, конденсат от технологического оборудования.

**Разработка вихревого термогенератора
в локальных системах теплоснабжения**

Кравченко Е.В., Кошелев А.С.

Белорусский национальный технический университет

Возрастающая стоимость энергоресурсов, используемых для теплоснабжения, ставит перед потребителями задачу поиска более дешевых источников тепла. Одним из таких источников являются вихревые термогенераторы.

Их работа основана на выделении тепловой энергии при вихревом движении теплоносителя, например воды, в специальном устройстве, называемом вихревым термогенератором. Сущность наблюдаемого эффекта заключалась в том, что на выходе вихревой трубы наблюдалось разделение сжатого воздушного потока на теплую и холодную струю. Выделение тепловой энергии в таких системах основано на физическом принципе преобразования одного вида энергии в другой.

Механическая энергия вращения электродвигателя передается на дисковый активатор - основной рабочий орган теплогенератора. Жидкости внутри полости активатора закручивается, приобретая кинетическую энергию. Затем, при резком торможении жидкости, возникает кавитация. Кинетическая энергия преобразуется в тепловую, нагревая жидкость до температуры 95 С.

Вихревой тепловой генератор (ВТГ) - экологически чистый источник тепловой энергии, в котором отсутствуют нагревательные элементы. Он может быть использован для систем отопления и горячего водоснабжения жилых домов, производственных зданий и сооружений.

Сравнивая затраты в котельных, использующих в качестве источника тепла органические виды топлива (уголь, мазут, древесину, газ) и систем теплоснабжения с гидромеханическими тепловыми генераторами получим ряд преимуществ последних при их использовании в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения.

Расчеты показывают, что применение тепловых генераторов, позволит сократить общие капитальные затраты на 20-30%, эксплуатационные примерно в 1,5-2 раза. Это позволяет широко использовать ВТГ в локальных системах теплоснабжения.

В данный момент времени на территории России, некоторых республик бывшего Советского Союза и ряда зарубежных стран успешно функционируют сотни вихревых теплогенераторов различной мощности, построенных рядом отечественных научно-производственных предприятий.

Численный анализ методов повышения эффективности солнечного коллектора

Иващенко Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность солнечных жидкостных коллекторов зависит от характеристики материалов поглощающей пластины, прозрачного покрытия и других элементов конструкции. При правильном подборе материалов эффективность коллектора можно заметно увеличить. Рассмотрим влияние некоторых характеристик на полезную мощность коллектора и соответственно на его эффективность.

Степень поглощения пластины. Увеличение поглощательной способности пластины от 0,6 до 0,95 позволяет повысить КПД коллектора на 15 %.

Материал и толщина пластины. Для повышения эффективности коллектора применяются материалы, позволяющие получить наибольший коэффициент эффективности ребра. Повышение коэффициента эффективности ребра приводит к существенному увеличению толщины пластины, ее массы, стоимости пластины и коллектора в целом. В этом случае применение солнечного нагрева может оказаться экономически нецелесообразным и необоснованным.

Наиболее целесообразным является применение алюминиевых пластин. При эффективности ребра F , равной 0,92, толщина пластины, выполненной из меди, составляет 0,3 мм, из стали – 3 мм, из алюминия – 0,55 мм.

Использование двойного и тройного остекления. Для уменьшения тепловых потерь с верхней поверхности коллектора часто используется двойное и тройное остекление. Расчет показал, что двойное покрытие увеличивает полезную мощность на 9,6 %, тройное остекление приводит к приросту полезной мощности на 9,7 % по сравнению с применением одно-го стекла.

Расход жидкости через коллектор. Расход жидкости, проходящей через коллектор, существенно влияет на его эффективность, причем с увеличением расхода эффективность коллектора возрастает. При увеличении расхода жидкости, а соответственно и скорости, средняя ее температура в коллекторе будет уменьшаться. Сокращение расхода повлечет за собой увеличение температуры жидкости в коллекторе, средняя температура пластины также возрастет. Это приведет к снижению полезной мощности коллектора и его КПД.

Экспериментальное исследование виброзащитных характеристик магнитожидкостной опоры

Сулоева Л. В., Трусевич Е. В., Чернобай В. А.
Белорусский национальный технический университет

Целью работы является экспериментальное исследование динамических характеристик магнитожидкостной опоры левитирующего типа и оценка её виброзащитных свойств.

Известно, что постоянный магнит, помещённый в магнитную жидкость, создаёт в жидкости силы, способные поддерживать его в плавающем состоянии. Это позволяет использовать магнит, покрытый слоем магнитной жидкости, в качестве упругого элемента магнитожидкостных опор, обладающего виброзащитными свойствами.

Экспериментально исследовались статические и динамические характеристики образца магнитожидкостной опоры. В углах нижней поверхности плоской опорной площадки размером $70 \times 70 \times 2$ мм расположены четыре самарий-кобальтовых магнита размерами $30 \times 20 \times 10$ мм. Средняя величина индукции на опорной поверхности полюрно чередующихся магнитов составляла 170 мТл. В углах верхней поверхности площадки расположены четыре магнита размерами $40 \times 12 \times 5$ мм со средним значением индукции на поверхности 125 мТл. Опорная система, заправленная магнитной жидкостью, размещена в немагнитном корпусе размером $74 \times 74 \times 26$ мм. На рисунке 1 представлены статические силовые характеристики опоры. Линейная зависимость силы упругости от деформации сохраняется только при небольшой деформации, а с её увеличением система становится нелинейной, что связано с нелинейной зависимостью силы отталкивания магнитной системы опорной площадки от границы раздела сред с различными магнитными свойствами. На рисунке 2 представлены графики значений собственных частот магнитожидкостной опоры как функций веса суммарной нагрузки. Кривые имеют характерный минимум, что может быть использовано при реализации задачи снижения собственных частот виброзащитных систем.

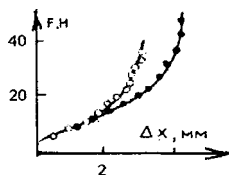


Рисунок 1

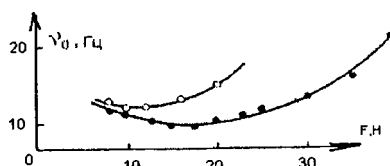


Рисунок 2

Исследование трения при магнитожидкостной смазке подшипника скольжения

Лабкович О. В., Сулоева Л. В., Чернобай В. А.
Белорусский национальный технический университет

Одним из способов регулирования трибологических свойств магнитных жидкостей (МЖ) является введение в МЖ различных модифицирующих добавок. С этой точки зрения несомненный интерес могут представлять фуллерены. Поверхность твёрдых материалов, покрытых фуллереновой плёнкой, имеет аномально низкий коэффициент трения.

В настоящей работе представлены результаты исследования трения при магнитожидкостной смазке подшипника скольжения в магнитном поле в присутствии добавок фуллеренов.

Исследования проводили для пары трения подшипник скольжения - вал. В качестве смазки использовали магнитную жидкость на трансформаторном масле и магнетите, стабилизированном олеиновой кислотой, с наименьшей насыщенностью 78 кА/м. Весовое отношение добавки к МЖ (доб./Смж) составляло 10^{-3} (фуллерены). Для оценки вязкого трения определяли коэффициент трения C_f .

Согласно экспериментальным данным, введённые в МЖ фуллерены состоят из C_{60} и C_{70} в соотношении 5:1. Фуллерены в МЖ находятся в виде отдельных диспергированных в трансформаторном масле частиц, форма которых близка к сферической.

Из полученных экспериментальных данных видно, что относительное приращение вязкого трения в поле зависит от скорости вращения. При $Re=3$ увеличение C_f за счёт магнитного поля ($H=460$ кА/м) достигает 27%. Дальнейшее увеличение скорости вращения ($70 < Re < 480$) приводит к снижению влияния магнитного поля на трение и при ламинарном течении вклад магнитного поля не превышает ~ 10%. В области вихревого течения ($Re > 480$) влияние поля вновь возрастает.

Можно предположить, что при малых скоростях вращения определяющее влияние на трение имеют структуры из магнитных частиц, образующиеся в магнитном поле. С увеличением вращения структуры разрушаются и их влияние на трение уменьшается. При вихревом течении интенсивность движения возрастает, что приводит к увеличению трения за счёт магнитовязкого эффекта.

Таким образом, проведённое исследование показало, что введение в МЖ фуллеренов при смазке подшипников скольжения магнитной жидкостью позволяет уменьшать потери на вязкое трение до 20%.

Динамика капли магнитной жидкости в плоской щели в однородном магнитном полеБаштовой В.Г.¹, Налетова В.А.², Рекс А.Г.¹¹ Белорусский национальный технический университет, г. Минск² НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Капля магнитной жидкости в плоской щели между двумя теплопердающими поверхностями является эффективным средством магнитоуправляемого локального теплообмена. В отсутствие магнитного поля капли в плоской щели имеют форму вертикального цилиндрического столбика. При включении магнитного поля эти капли трансформируются в плоскую эллипсоподобную каплю. Поверхность контакта с поверхностями изменяется, что приводит к изменению условий для переноса тепла.

В данной работе исследовано поведение капли магнитной жидкости в переменном магнитном поле. Направление поля – вдоль плоскости щели.

Установлено, что протекание процесса трансформации капли от начальной формы к конечной определяется динамикой нарастания магнитного поля. Если поле увеличивается медленно либо небольшими ступенями, то форма капли постепенно преобразуется из осесимметричного цилиндра в эллиптический цилиндр. При скачкообразном включении поля у капель достаточно большого диаметра ($D \gg (\sigma/\rho g)^{1/2}$) обнаружена неустойчивость лобовых участков боковой поверхности, поперечных к полю. Неустойчивость проявляется в появлении на лобовых участках поверхности капли ряда пиков, которые через некоторый промежуток времени сливаются в один, и капля принимает конечную форму эллиптического цилиндра. Разрыв капли на несколько более мелких при этом не наблюдается. Неустойчивость носит пороговый характер и развивается при превышении полем некоторой критической величины, зависящей от физических свойств жидкости и геометрических размеров капли.

Количество пиков, возникающих на лобовых участках свободной поверхности, зависит от величины поля, от диаметра капли, а также от магнитных свойств магнитной жидкости. Зависимость от поля носит дискретный характер: каждое значение числа пиков соответствует своему некоторому диапазону напряженности поля. Обнаружено, что образовавшаяся форма капли в результате развития неустойчивости со временем трансформируется в эллиптическую.

Работа выполнена при поддержке Фонда фундаментальных исследований Республики Беларусь.

**Информационные
технологии
и автоматизация**

**Использование пакета моделирования PIMMS
для обоснования проекта модернизации цеха**

Новичихина Е.Р.

Белорусский национальный технический университет

На кафедре «Робототехнические системы» БНТУ разработан программный пакет PIMMS для моделирования производственных систем (ПС) обработки деталей в машино- и приборостроении. Отличительные особенности пакета: учет всех основных аспектов и факторов, влияющих на эффективность ПС; повышенная универсальность; отсутствие пользовательского программирования (написания кода); автоматизация формирования и настройки модели.

В докладе обсуждаются результаты использования пакета PIMMS для обоснования технико-организационных решений по модернизации цеха производства резинотехнических изделий ЗАО «БелТАТ-М».

Необходимость моделирования была обусловлена тем, что определить результаты и эффективность намеченных мероприятий по модернизации цеха обычными инженерными расчетами не представлялось возможным из-за большого разнообразия и вероятностного характера выпускаемой продукции. Номенклатура и годовая программа выпуска значительно колебались вокруг средних значений соответственно 40 наименований и 8 млн. деталей.

Характеристики объекта моделирования: количество единиц оборудования – 14 (резак, вальцы, прессы, станки); среднее количество операций в техпроцессе – 7 (заготовительная, вальцевание, шприцевание, резка, прессование, отделка, контроль); средний размер месячного запуска – 450 тыс.шт.

Суть предлагаемых и проверяемых моделированием решений:

1. Увеличение количества гнезд пресс-форм.
2. Изменение величины транспортных партий.
3. Частичная перепланировка и изменение транспортного маршрута.
4. Увеличение количества рабочих смен с двух до трех.
5. Изменение очередности запусков.
6. Изменение кратности дублирования оборудования внутри запуска.

Практическое внедрение проектных решений подтвердило достаточную точность модели. Так повышение коэффициента загрузки основного технологического оборудования реально составило 4,3% (модельный прогноз 4,6%), повышение производительности оборудования – 19,2% (20,8%), снижение потребления электроэнергии – 18,7% (14%). Годовой экономический эффект составляет около 12 млн. руб.

Сервоприводы и частотно-регулируемые приводы в системах автоматизации

Новичихин Р.В., Лешкевич О.М., Игнатик Д.В., Константинов Д.В.
Белорусский национальный технический университет

В современных системах промышленной автоматизации все большее место занимают сервоприводы и частотно-регулируемые приводы. К сожалению, в русскоязычной учебной и технической литературе практические аспекты работы с этими приводами должным образом не представлены. На кафедре «Робототехнические системы» БНТУ подготовлены методические материалы и лабораторная база, позволяющие восполнить этот пробел.

Разработан учебно-методический комплекс, включающий теоретический курс, практические и лабораторные работы для изучения и практического освоения современных сервоприводов и частотно-регулируемых приводов. За основу лабораторной базы приняты технические средства управления и программное обеспечение фирмы Mitsubishi Electric.

Теоретическая часть оформлена в виде отдельного раздела курса лекций по дисциплинам «Автоматизированный электропривод» и «Электропривод промышленных роботов и робототехнических комплексов». Тематика практических и лабораторных работ соответствует образовательным стандартам РБ нового поколения по специальностям кафедры.

Учебный стенд для лабораторных работ по изучению сервоприводов построен на базе приводов серий MR-J3A и MR-J3B, которые управляются аналоговыми или цифровыми сигналами программируемого логического контроллера модели FX3U. К данной работе прилагается листинг программы (с детальным её описанием), которую отработают приводы.

Учебный стенд для лабораторных работ по изучению частотно-регулируемых приводов построен на базе трехфазного асинхронного двигателя, преобразователя частоты серии FR-A700 и энкодера.

В состав обоих стендов входит персональный компьютер с лицензионным программным обеспечением фирмы Mitsubishi Electric.

В процессе освоения курса студенты изучают устройство и принцип действия приводов, приобретают навыки по их настройке и исследованию (настройка фильтров подавления резонансных колебаний, съем статических и динамических характеристик в реальном времени и пр.).

Применение роботов для автоматизации систем транспортировки готовой продукции

Лившиц Ю.Е., Синицын А.В., Виничук А.В., Прокопович Д.Н.
Белорусский национальный технический университет

В Республике Беларусь уделяется большее внимание повышению конкурентоспособности производимой продукции: проводится модернизация производственных мощностей, внедряются новые инновационные технологии. Но в условиях современного рынка важно не только производить качественную продукцию, нужно доставлять ее к потребителю с минимальными издержками в точно установленные сроки. Для этого необходимо создавать на предприятиях автоматизированные системы учета, транспортировки, хранения и складирования готовой продукции. Внедрение этих систем обеспечивает сокращение издержек и повышает эффективность управления материальными потоками, что доказывается опытом их применения в странах ЕС.

Целью данной работы является анализ и адаптация опыта проектирования и эксплуатации автоматических систем транспортировки готовой продукции производства компании «Elettric80». Исходная информация была получена в ходе стажировки на головном предприятии компании в Италии.

Концепция построения системы — технология «FREEWAY». Ее основа - создание роботизированных транспортных систем объединяющих в себе: РТК формирования паллет, робокары для транспортировки паллет, высокопроизводительные РТК упаковки в стрейч-пленку «Silkworm», РТК контроля качества паллет, систему диспетчеризации и учета грузопотока WMS (Warehouse Management System). Анализ показал, что внедрение подобных систем требует больших капиталовложений. Это сдерживает их внедрение на белорусских предприятиях. Однако элементы таких систем являются самостоятельными и могут применяться как по отдельности, так и в комплексе. Применение РТК упаковки в стрейч-пленку рассмотрено в проекте модернизации линии упаковки плитки на ОАО «Керамин». Использование автоматических транспортных систем, построенных по технологии «FREEWAY», может быть эффективным и целесообразным на белорусских предприятиях пищевой, химической промышленности, а также на других предприятиях с массовым производством.

Следует отметить, что все первоначальные капиталовложения окупаются в течение нескольких лет. Что показано на примере проекта модернизации на предприятии молочной промышленности.

Проблема обновления металлообрабатывающего оборудования в Республике Беларусь

Лившиц Ю.Е., Гайко С.И., Кужаль А. Е.

Белорусский национальный технический университет

Основная проблема металлообрабатывающих предприятий Республики Беларусь – необходимость обновления станочного парка (около 145 тыс. единиц), более 60% оборудования которого изношено и требует ремонта или замены. При этом у подавляющего числа станков с ЧПУ системы управления и электроавтоматики, а также контрольно-измерительные системы, насчитывают более 15 лет. Они уже не обеспечивают надежной работы в напряженных производственных условиях и не отвечают требованиям интеграции в современные автоматизированные системы управления производством.

Изучение мирового опыта показывает, что основой для восстановления станочного парка предприятий является модернизация, которой, как правило, подвергается станки с морально устаревшими системами ЧПУ. При этом станки оснащаются современными микропроцессорными системами управления, приводами и измерительными системами, а их механика восстанавливается с учетом тенденции развития мирового станкостроения.

С учетом рыночной конъюнктуры на базе отечественного предприятия ПАТ «МПОБТ» освоено производство системы ЧПУ «ИРИС». Данная система предназначена для управления станками токарного и фрезерного типа, а также совместимыми с ними по способу управления (верлильными, расточными, шлифовальными) с возможностью адаптации под конкретную модель станка, как по программному обеспечению, так и по составу аппаратных средств. Конструктивно система ЧПУ состоит из промышленного компьютера с модулем управления ЧПУ, базового и специальных модулей входов/выходов электроавтоматики, сервоприводов и серводвигателей, включая частотный преобразователь для управления асинхронным двигателем главного шпинделя.

Для подготовки специалистов, умеющих работать с отечественной системой ЧПУ, а также способных адаптировать ее под конкретные задачи при внедрении на производство (в частности по модернизации оборудования), на кафедре робототехнических систем БНТУ разработаны методические материалы для этой системы ЧПУ по курсам соответствующих дисциплин.

Алгоритм управления электропотреблением предприятия в часы пик энергосистемы

Москаленко А.А., Кононенко З.И., Дубиков П.В.
Белорусский национальный технический университет

Прогрессивной формой оплаты за электрическую энергию считается позонный тариф, при котором стоимость электроэнергии зависит от времени суток и времени года.

При позонном тарифе оплата производится за всю потребленную пользователем электроэнергию, причем самая дешевая электроэнергия в ночное время, а самая дорогая в часы «пика» энергосистемы. Пик энергосистемы бывает утренним и вечерним и смещается в зависимости от времени года. Эти периоды самые тяжелые для энергосистемы. Поэтому на время пиков потребитель должен заявлять мощность, которую он будет потреблять в этот период на каждом 30-минутном интервале. Опасность для потребителя состоит в том, что если он превысит заявленную мощность, то он подвергается значительному штрафу.

Если потребитель не имеет в автоматизированной системе контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) блока контроля заявленной получасовой мощности P_3 , то он заявляет эту мощность с превышением, чтобы не платить штраф. Сумма превышений у всех потребителей может оказаться значительной, что отрицательно сказывается на энергосистеме из-за того, что плановая заявленная мощность для энергосистемы ведет к перегрузке энергосистемы. С другой стороны, превышение заявленной получасовой мощности является невыгодной и для потребителя, так как ведет к дополнительным необоснованным тратам за дорогую электроэнергию.

Самым наилучшим выходом из создавшегося положения является наличие в АСКУЭ блока, который контролировал бы заявленную мощность потребителя на каждом 30-минутном интервале и автоматически регулировал это потребление без превышения. В этом случае на минимальную необходимую мощность на 30-минутном интервале.

Задача по контролю и управлению энергопотреблением требует безопасного решения. По данным зарубежных источников, управление электропотреблением позволяет снизить затраты на 20-25%.

Предлагается алгоритм дискретного управления энергопотреблением, основанный на вычислении отношений действительной скорости потребления электрической энергии (мощности) за условную единицу времени к равномерной скорости потребления P_3 .

Исследование способов учета, контроля и управления энергопотреблением с использованием АСКУЭ «Альтаир»

Позник Ю.Н., Лаврущик А.Г.

Белорусский национальный технический университет,
СООО «Белтелекарт-М»

В настоящее время существует большое количество систем, позволяющих производить учет и контроль за энергопотреблением в промышленном и бытовом секторах. Перспективным направлением в Республике Беларусь в последнее время является внедрение различного вида тарифов на электроэнергию и их государственное регулирование.

В связи с этим, используемая в учебном процессе АСКУЭ «Альтаир» позволяет исследовать на практике различные способы по контролю и управлению энергопотреблением.

АСКУЭ «Альтаир» - это автоматизированная система дистанционного контроля за энергопотреблением посредством каналов связи и электронных счетчиков типа «Энергия-9», позволяющая проводить:

- многотарифный учет отпущенной электроэнергии;
- контроль за режимом энергопотребления (ограничение по мощности, управление мощностью нагрузки);
- отключение абонента при превышении разрешенной (заявленной) мощности;
- регистрацию несанкционированного доступа в систему учета;
- точный баланс энергопотребления по объекту;
- ведение базы данных потребителей в электронном виде;
- централизованную смену тарифов.

Также АСКУЭ «Альтаир» позволяет предотвращать хищения электроэнергии за счет ведения дистанционного учета отпущенной электроэнергии.

Система состоит из трех взаимосвязанных частей и обеспечивает трехуровневый учет и контроль за энергопотреблением: первый уровень – уровень администратора «АСКУЭ «Альтаир» - Администратор», второй уровень – «АСКУЭ «Альтаир» - мониторинг» и третий – «АСКУЭ «Альтаир» - диспетчер». Уровень определяется правами доступа и отличается возможностями по работе с системой.

Данная система, является характерным представителем современных электронных средств коммерческого учета электроэнергии, необходимых, прежде всего, для реализации эффективной тарифной политики государства.

Научно-исследовательская работа студентов технических специальностей

Бранкевич Э.С.

Белорусский национальный технический университет

Перед НИРС ставятся следующие основные задачи:

1. Расширение и углубление знаний студентов в области теоретических основ инженерных специальностей, получение и развитие практических навыков в самостоятельной инженерной и научно-исследовательской деятельности.
2. Развитие навыков опытно-конструкторской работы при решении практических задач, выдвигаемых наукой и производством.
3. Выработка навыков технически грамотного изложения результатов собственных научных исследований (отчеты, рефераты, статьи, доклады на семинарах и конференциях) и способности аргументировано защищать и обосновывать полученный результат.
4. Отбор и подготовка молодых научных кадров для промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций.

НИРС может включать следующие виды работы:

- экспериментальные исследования физических явлений;
- испытания оборудования, приборов, отдельных узлов устройств и агрегатов;
- разработка макетов приборов и устройств или отдельных узлов и блоков;
- наладка и регулировка различных устройств;
- снятие эксплуатационных характеристик сложных приборов и устройств;
- экспериментальная проверка теоретических закономерностей;
- моделирование отдельных процессов и объектов;
- наладка и регулировка различных устройств;
- снятие эксплуатационных характеристик сложных приборов и устройств;
- овладение элементами научных методов экспериментальных исследований (например, планирование экспериментов);
- применение ЭВМ в конструкторских и технологических расчетах;
- моделирование различных технологических процессов, устройств и производств;
- теоретические исследования.

Этапы внедрения системы управления бюджетом

Живиневич Н. А., Шардыко П.П.

Белорусский национальный технический университет

Управление бюджетом может быть основано на стандартной функциональности системы SAP R/3 FI-FM, а также собственной разработке, интегрирующей учет договоров (контрактов), управление бюджетом и платежи. Система предусматривает использование параллельно двух типов бюджета: обязательств и платежей.

Процедурная модель внедрения является элементом настройки R/3. На ее основе разрабатывается модель внедрения системы, включающая в себя четыре этапа. Коротко ее может проиллюстрировать следующая схема.

Этап I — анализ требований и концептуальное проектирование.

На этой стадии устанавливается тестовый вариант системы.

Этап II — Детальное проектирование и реализация. На этой стадии определяются основные данные организационных единиц, а также их иерархическая структура.

Этап III — подготовка к продуктивной эксплуатации. Внедрение системы R/3 обычно вызывает изменения в последовательности функций, работе процессов; распределении задач; уровнях доступа.

Одна из самых ответственных ступеней третьего этапа — это загрузка данных.

Этап IV — начало промышленной эксплуатации.

Для производственного использования рекомендуются процессоры Xeon™ с большим кешем, высокоскоростной доступ к дискам (SCSI, аппаратный RAID-контроллер), USV и ECC-RAM. Большой объем дискового пространства связан с заранее сконфигурированной системой HIES, которая создает 27 Гбайт файлов базы данных по ходу установки. Этого пространства также достаточно для исходных производственных систем и прикладных данных.

Система полностью локализована на 14 языках, и, помимо перевода понятий и документации, учитывает национальные особенности деятельности предприятий. Совместно с НИИ финансов при Минфине в систему было интегрировано белорусское законодательство. Особо следует отметить полную интеграцию всех модулей системы, а также сквозную интеграцию белорусской системы учета и отчетности.

Внедрение системы позволяет более эффективно использовать имеющиеся ресурсы, оперативно перенаправлять финансовые потоки, учитывать потребности отдельных подразделений, планировать расчеты по своим обязательствам.

Кванторизация произвольных временных рядов в цифровых системах управления реального времени

Загорский В.П., Томашевич А.В.

Белорусский национальный технический университет

В цифровых системах управления, дискретных по сути, для согласования с непрерывной внешней средой сигналы с датчиков дискретизируются, при этом на вход ЦВМ поступает временной ряд из последовательности отсчетов. Для уменьшения потока этих отсчетов и снижения нагрузки на каналы ввода часто используют различные адаптивные методы дискретизации сигналов, но при этом шаг дискретизации по времени оказывается неравномерный. С другой стороны, большинство алгоритмов обработки временных рядов в ЦВМ ориентированы на квантованные по времени сигналы. В системах реального времени классический метод интерполяции с накоплением данных негодится, так как в управляющей ЦВМ преобразование должно выполняться в темпе поступления отсчетов с задержкой не превышающей 1 квант времени. Чтобы не вносить дополнительные задержки в условиях плавающего временного интервала входных отсчетов, ЦВМ должна при кванторизации данных “предсказывать” поведение входных сигналов.

Для реализации было предложено использовать комбинированный алгоритм интерполяции с экстраполяцией. Интерполяция выполняется относительно текущего входного отсчета и по критерию совпадения в узловых точках. Одновременно вычисляется аппроксимирующая функция на основе степенного многочлена по среднеквадратическому критерию, на основе которого выполняется “предсказание” поведения входного сигнала с экстраполяцией на 1 квант вперед. Вычисляется следующий отсчет, который используется для целей управления. По мере изменения ситуации на входе, вычисленные отсчеты заменяются на реальные с последующим уточнением интерполированных значений. Одновременно вычисляется аппроксимирующая функция на основе степенного многочлена по среднеквадратическому критерию, на основе которого выполняется “предсказание” поведения входного сигнала с экстраполяцией на 1 квант вперед. Вычисляется следующий отсчет, который используется для целей управления. По мере изменения ситуации на входе, вычисленные отсчеты заменяются на реальные с последующим уточнением интерполированных значений.

Алгоритм проверен методом математического моделирования на ЦВМ в условиях близких к реальным сигналам и показал высокую эффективность.

Особенности алгоритма управления двигателями постоянного тока при их использовании в силовоспроизводящих машинах

Гульков Г.И., Сотцев А.В., Скачек А.В.

Белорусский национальный технический университет

Современный электропривод представляет собой единство электромеханического преобразователя энергии (двигателя), силового преобразователя и устройства управления. В качестве электродвигательного элемента в силовоспроизводящих машинах часто используются коллекторные двигатели постоянного тока, основным достоинством которых является возможность регулирования частоты вращения в широком диапазоне, линейность механической и, в большинстве случаев, регулировочной характеристики, большой пусковой момент, высокое быстродействие, малая масса и объем на единицу полезной мощности и более высокий КПД по сравнению с двигателями переменного тока той же мощности.

Основной особенностью силовоспроизводящих машин является прямая зависимость её механической нагрузки от воспроизводимой силы при постоянстве скорости нагружения. Для учета этой особенности в информационную цепь машины устанавливаются датчики тока якоря и скорости вращения. Блок управления на основе получаемых данных о скорости и токе осуществляет гибкое управление широтно-импульсным модулятором для обеспечения плавного и безударного движения. При этом система управления должна иметь большой динамический диапазон для сглаживания возможных пульсаций и рывков, вызванных механическими конструкциями машины, а также для возможности поддержания заданного усилия. Для учета этой особенности в информационную цепь машины устанавливаются датчики тока якоря и скорости вращения. Блок управления на основе получаемых данных о скорости и токе осуществляет гибкое управление широтно-импульсным модулятором для обеспечения плавного и безударного движения. При этом система управления должна иметь большой динамический диапазон для сглаживания возможных пульсаций и рывков, вызванных механическими конструкциями машины. Для реализации сглаживания блок управления оснащается быстродействующим микропроцессором, позволяющим в реальном времени вычислять скорость и ускорение вертикального перемещения исполнительного органа машины. При значительном изменении ускорения производится корректировка закона управления.

Определение физико-химических свойств жидкостей методом измерения иммитанса

Скачек В.А., Сотцев А.В., Скачек А.В.

Белорусский национальный технический университет

Во многих технологических процессах существенную роль играет знание точных параметров используемых жидкостей. К таким параметрам относятся в частности плотность и чистота спирта, наличие добавок и присадок в маслах, уровень солей в воде и др.

Единым методом получения характеристик жидкостей и влажных материалов может служить измерение их комплексной проводимости.

Принцип действия измерителя проводимости построен на пропускании через измерительную ячейку, которая погружена в исследуемую жидкость, переменного напряжения заданной частоты и амплитуды. Полученный в результате полезный сигнал раскладывается на амплитудные значения тока и напряжения, а также сдвиг фаз между током и напряжением, которые аналитическим способом преобразуются в сопротивление и емкость. Принцип действия измерителя проводимости построен на пропускании через измерительную ячейку, которая погружена в исследуемую жидкость, переменного напряжения заданной частоты и амплитуды. Полученный в результате полезный сигнал раскладывается на амплитудные значения тока и напряжения, а также сдвиг фаз между током и напряжением.

Существенным параметром является резонансная частота, то есть частота, на которой проводимость приближается к нулю. Резонансная частота является постоянной для каждого химического состава жидкости и однозначно его определяет.

Ядром измерителя являются два синтезатора высокочастотного синусоидного сигнала, которые генерируют задающие напряжения со сдвигом фаз 90° . Эти сигналы пропускаются через ячейку и поступают на усилитель, а затем - на аналого-цифровой преобразователь. Измерения каждого сигнала производятся в одинаковый момент времени. Задержка второго сигнала относительно первого однозначно определяет сдвиг фаз, а амплитудное значение тока и напряжения – пассивное сопротивление. Параметры работы измерителя задаются оператором на управляющей ПЭВМ, на которой и производятся все расчеты и ведется учет информации.

Измеритель позволяет работать в широком диапазоне частот (до 20 МГц) и измерять сопротивление от 2 до 1000 МОм и емкость до 1000 пФ.

Кучерявенко Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Одним из краеугольных камней современного управления качеством является стандартизация. По определению Международной организации по стандартизации (ISO) стандартизация представляет собой «процесс установления и применения правил с целью упорядочения в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей максимальной экономии с соблюдением функциональных условий и требований безопасности».

Стандартизация выполняет следующие функции:

- упорядочивание объектов (продукции, работ, услуг, процессов), создаваемых людьми в разных странах;
- закрепление в нормативных документах оптимальных требований к упорядоченным объектам;
- установление правил применения этих нормативных документов.

На международном уровне стандартизация:

- обеспечивает взаимозаменяемость элементов сложной продукции;
- сближает уровень качества товаров, производимых в разных странах;

Необходимость стандартизации разработки ПС на международном уровне, согласно стандарту ИСО/МЭК 12207 определена следующим образом: «Программное обеспечение является неотъемлемой частью информационных технологий и традиционных систем, таких, как транспортные, военные, медицинские и финансовые. Имеется множество разнообразных стандартов, процедур, методов, инструментальных средств и типов операционной среды для разработки и управления программным обеспечением. Это разнообразие создает трудности при проектировании и управлении программным обеспечением, особенно при объединении программных продуктов и сервисных программ. Стратегия разработки программного обеспечения требует перехода от этого множества альтернатив к общему порядку, который позволит специалистам, практикующимся в программном обеспечении, «говорить на одном языке» при разработке и управлении программным обеспечением. Этот международный стандарт обеспечивает такой общий порядок». Таким образом, в процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, которые оформляются в виде нормативного документа.

Поскольку сертификация устанавливает соответствие действующему стандарту, без наличия стандартов невозможна и сертификация.

Автоматизированная система для ведения учебно-организационной работы кафедры

Попова Ю.Б., Бухвалова И.А., Рапинчук А.Г.
Белорусский национальный технический университет

Каждая кафедра регулярно сталкивается с такими задачами, как подготовка учебных программ по читаемым дисциплинам, составление календарных планов и методических карт. И хотя данные документы имеют единые шаблоны, информацию в каждый отдельный документ необходимо вносить вручную, что неизбежно ведет к неоправданному расходу времени. Изменение данных вызывает необходимость повторного создания документов. Автоматизация обработки данного типа документации значительно ускорила бы и оптимизировала работу по регулированию учебного процесса.

На кафедре «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» разработана и проходит апробацию система для ведения учебно-организационной работы кафедры. Данная система реализует следующие возможности: подготовка и формирование учебной программы; подготовка и формирование отчетности по дисциплинам; подготовка и формирование календарного учебно-производственного плана; подготовка и формирование учебно-методической карты.

Преимуществом системы является возможность единожды внести данные по предмету (название, тип обучения, список литературы, примерный перечень тем рефератов, курсовых работ и дополнительных материалов, распределение нагрузки по часам и семестрам, список тем лекционных, практических и лабораторных занятий, перечень форм контроля знаний студентов), многократно и без временных затрат формировать отчеты различных форм, генерировать документы, необходимые для полноценного ведения учебно-организационной работы кафедры.

Предлагаемая система имеет удобный, интуитивно-понятный интерфейс, который предлагает пользователю инструменты для работы с внесенными сведениями (поиск данных, сортировка, группировка, фильтрация).

Автоматизированная система выполнена в виде клиент-серверного приложения, где в качестве клиентской части выступает веб-браузер, что обеспечивает многопользовательский режим работы. Серверная часть приложения спроектирована в среде разработки Visual Studio 2008 с использованием технологии ASP.NET. Для реализации базы данных выбрана СУБД SQL Server 2005.

Учебно-методический комплекс для проведения занятий в вузе

Попова Ю.Б., Попов Е.В., Яцынович В.В., Алахов Д.В.
Белорусский национальный технический университет

Данная работа является расширением автоматизированной системы, представленной в [1]. Основной целью создания учебно-методического комплекса является повышение эффективности подготовки специалистов по разным дисциплинам. Главным отличием нового комплекса является возможность его одновременного использования во время проведения занятий по нескольким предметам. Таким образом, однажды зарегистрированный в системе студент имеет возможность получать издания, скачивать нужную информацию, просматривать электронный журнал успеваемости по всем доступным для него предметам и др. Рассмотрим более подробно функционал программы.

Предлагаемый комплекс выполнен в виде сайта и предоставляет возможность работы в двух ролях: преподавателя–администратора и студента. Функционал программы для пользователя–студента остался практически без изменений [1]. А в режиме работы преподавателя, кроме выявленных ранее возможностей редактирования информации о студентах, о лекционных и лабораторных занятиях, размещения различного рода документов, новостной информации, написания сообщений для студентов, появились новые. К ним относятся:

- разбиение группы студентов на подгруппы, что очень удобно для проведения лабораторных работ, причем, для разных предметов может быть свое разбиение;

- составление графика защиты лабораторных работ с перспективной оценкой по 10-бальной системе, что мотивирует студентов не откладывать защиты работ, а стремиться получить максимальный балл;

- сохранение в системе отчетов по лабораторным работам в электронном виде, что позволяет отказаться от их распечатывания и хранения в бумажном виде.

Данный учебно-методический комплекс внедрен в учебный процесс на кафедре ПОВТиАС в 2009 году и успешно используется для проведения занятий по дисциплинам «Тестирование программного обеспечения» и «Тестирование и отладка программного обеспечения».

Литература

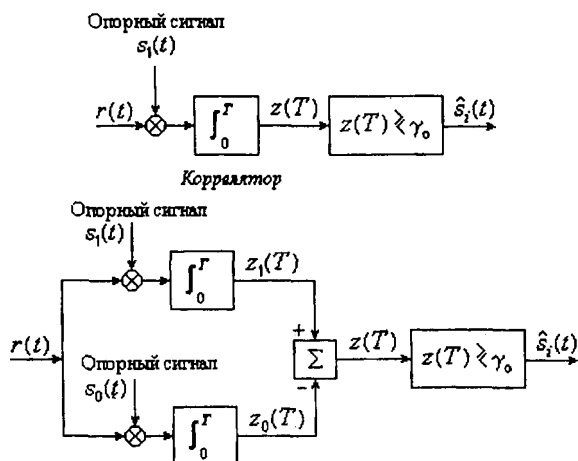
1. Попова, Ю.Б., Попов, Е.В. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Тестирование и отладка ПО». – Материалы 61-й НТК. – Мн.: БНТУ, 2008. – С. 110.

О назначении порога максимального правдоподобия для детектора двоичных символов

Романов А. В.

Белорусский национальный технический университет

Униполярный узкополосный сигнал описывается следующим образом: $s(t) = s_0(t) = 0$ при передаче двоичного нуля, $s(t) = s_1(t) = A$ при передаче двоичной единицы. Биполярный сигнал определяется так: $s_0(t) = -A$ и $s_1(t) = A$. На рисунке показано использование коррелятора при приеме униполярных и биполярных сигналов.



В реальном случае сигнал поступает на вход коррелятора с шумом. Тогда значение A^2T на выходе – это среднее тестовой статистики $z(T)$ при приеме единицы. При униполярном приеме двоичного нуля среднее тестовой статистики равно нулю, а при биполярном сигнале оно равно $-A^2T$.

В соответствии с принципом максимального правдоподобия порог γ_0 (принятия решения о детекторе двоичном значении импульса) равен $A^2T/2$ при униполярном сигнале, а при использовании биполярного сигнала порог равен нулю. Если значение тестовой статистики превышает порог, то детектор принимает решение об обнаружении двоичной единицы, в противном случае принимается решение о приеме двоичного нуля.

Применение ортогональных сигнальных кодов для повышения качества передачи в цифровых системах связи

Романов А.В., Никитин К.А.

Белорусский национальный технический университет

Канальное кодирование представляет собой класс преобразований сигнала, выполняемых для повышения качества связи. В результате применения канального кодирования сигнал становится менее уязвимым для таких эффектов ухудшения качества передачи, как шум, помехи и затухание. Активному распространению канального кодирования способствовало применение высокоскоростной цифровой обработки сигналов.

Канальное кодирование, называемое кодированием сигнала, представляет собой преобразование сигнала в другой, более «качественный», сигнал. Такое преобразование выполняется с помощью кодов сигнала. Ортогональные коды сигнала формируются на основе матрицы Адамара \mathbf{H}_k , которая для двухбитовых данных ($k=2$) имеет вид

Словарь данных	Ортогональные кодовые слова
0 0	$\left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \vdots & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \vdots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \vdots & 1 & 1 \\ 0 & 1 & \vdots & 1 & 0 \end{array} \right]$
0 1	$\mathbf{H}_2 =$
1 0	
1 1	

В матрице \mathbf{H}_2 двойными точками отделяются друг от друга матрицы \mathbf{H}_1 . В общем случае

$$\mathbf{H}_k = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{k-1} & \mathbf{H}_{k-1} \\ \mathbf{H}_{k-1} & \overline{\mathbf{H}}_{k-1} \end{bmatrix},$$

где $\overline{\mathbf{H}}_{k-1}$ – инверсия \mathbf{H}_{k-1}

Биортогональный набор, состоящий из $M = 2^k$ сигнальных кодов, получается из ортогонального набора, образованного $M/2$ сигналами, путем исключения левой половины элементов в матрице \mathbf{H}_k . Биортогональный набор состоит из комбинации ортогональных и антиподных сигналов.

Код, получаемый из ортогонального кода путем удаления первого разряда каждого кодового слова, называется трансортогональным или симплексным кодом.

Различия между канальными сигналами, передающими кодовые двоичные комбинации, значительно превышают различия между исходными кодами информационных битов. Это делает обнаружение на стороне приема менее подверженным ошибкам.

Компьютерное моделирование динамики движения транспортных средств в чрезвычайных ситуациях

Слабко Ю.И.

Белорусский национальный технический университет

При виртуальном проектировании мобильных машин и их систем управления необходимо моделировать события, приводящие к возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС) при движении мобильных машин в различных условиях движения. Чрезвычайная ситуация, приводящая к потере устойчивости или управляемости мобильной машины, может возникнуть при резком изменении свойств внешней среды под опорными элементами, при воздействии водителя, состояния мобильной машины (внезапные неисправности деталей и агрегатов и т.д.; техническое состояние, распределение веса груза в кузове) либо комбинации этих факторов.

Рассмотрим некоторую классификацию чрезвычайных ситуаций.

1. Классификация внешней среды с точки зрения возникновения ЧС:

- по коэффициенту сцепления μ ;
- по расположению относительно колес и бортов.

2. Действия водителя, приводящие к возникновению ЧС.

При торможении колесной машины на дороге с коэффициентом сцепления $\mu_{л.б.} < \mu_{н.б.}$, когда водитель интенсивно давит педаль тормоза, возникает разворачивающий момент M_p относительно переднего правого колеса с большим коэффициентом сцепления μ , стремящийся развернуть автомобиль по часовой стрелке относительно линейной скорости автомобиля v_a с заносом задней оси.

Существенное влияние на динамику мобильной машины оказывают:

- тип привода на колеса (привод передний, задний, полный);
- тип дифференциала.

В результате моделирования, с учетом ЧС, станет возможным решить целый ряд актуальных проблем: повысить безопасность движения и курсовую устойчивость; экономить топливо в тяговом режиме; снизить рабочую температуру двигателя; снизить токсичность выхлопа.

Литература

1. Ревин, А.А. Теория эксплуатационных свойств автомобилей и автопоездов с АБС в режиме торможения: Монография / А.А. Ревин. – Волгоград: Гос. техн. университет. – Волгоград, 2002. – 372 с. – ISBN 5-230-04044-0.

Основы теории и компьютерное моделирование нового поколения систем активной безопасности мобильных машин

Слабко Ю.И., Фурунжиев Р.И.

Белорусский национальный технический университет

Повысить качество работы существующих систем активной безопасности можно, используя новые интеллектуальные алгоритмы управления, сочетающие высокую точность и быстродействие без перегулирования благодаря работе на нелинейных критериях качества управления. Кроме того, при этом обеспечивается простота задания любых желаемых свойств движения управляемых переменных систем активной безопасности; гарантируется устойчивость движения управляемой системы.

В патенте [1] Фурунжиевым Р.И и Кимом В.А. впервые предложены АБС/ПБС нового поколения, в которых не требуются измерения угловых скоростей колес. Для их функционирования необходимы:

- датчики, измеряющие фактические силы/моменты;
- силовой исполнительный привод;
- контроллер;
- схемы, обеспечивающие нормальное функционирование блоков

управления, контроля и индикации состояния системы.

Используемые интеллектуальные регуляторы позволяют реализовать предельные возможности современных исполнительных приводов, а так же приводов, работающих в гигагерцовом диапазоне.

Новый принцип так же позволяет повысить качество функционирования систем активной безопасности, так как базируется на измерениях сил/моментов, что позволяет использовать в регуляторах производные более высоких порядков, тем самым повысить качество управления и снизить влияние высокочастотных помех. Так, например, производная силы соответствует третьей производной углового перемещения колес.

Проведенное компьютерное моделирование показало эффективность новой концепции, методов и алгоритмов адаптивного управления, а также, что повышение быстродействия исполнительных механизмов улучшает качество управления систем активной безопасности.

Литература

1. Патент РБ №1408. Противоблокировочная тормозная система мобильной машины / Р.И. Фурунжиев, В.А. Ким. Заявл. 01.07.1993.

Теоретические и прикладные основы адаптивных мехатронных систем

Фурунжиев Р.И.

Белорусский национальный технический университет

Системы активной безопасности движения (САБ) мобильных машин (автомобилей, самолетов и др.) являются фундаментальными средствами повышения устойчивости, управляемости, эффективности торможения/разгона и других динамических качеств.

Известные конструкции серийных систем активной безопасности: противобуксочная система (ASR), Brake Assist (BA, BAS, PA or PABS), Dynamic Brake Control (DBC), Electronic Braking System (EBS), EBV, Electronic Stability Program (ESP, VDC, VSC, DSTC, DSC, ATTS, VSA), Adaptive Cruise Control (ACC) и др. работают совместно с антиблокировочной системой (ABS). Как известно, ABS основано на измерениях кинематических величин и идентификации в каждый момент времени кривой «коэффициент сцепления-скольжения колеса» (в дальнейшем $\mu-s$ -кривой), а также значения замедления колеса. При этом представляется затруднительным исключить методические ошибки, обусловленные неточностью используемых при идентификации $\mu-s$ -кривой значений курсовой скорости мобильной машины и коэффициента сцепления в продольном и поперечном направлении.

Повысить качество функционирования систем активной безопасности можно тремя способами:

- технологически совершенствовать эти системы: создавать новые высокоточные датчики, быстродействующие исполнительные механизмы, высокопроизводительные микроконтроллеры;
- улучшать существующие алгоритмы управления;
- применять новые принципы функционирования и новые адаптивные алгоритмы управления.

Первый способ приводит к значительному удорожанию системы, так как создание высокотехнологической продукции сопровождается огромными расходами на ее изготовление, но при этом качество системы значительно улучшается. Усовершенствование существующих алгоритмов управления при своих затратах не приводит к значительному улучшению качества функционирования. Однако самым оптимальным является использование либо новых алгоритмов управления, либо нового принципа функционирования, либо совместное их использование.

**Анализ вибронегруженности шасси
мобильной машины**

Гурский Н.Н., Эль Аюби Кадер Карамн А.
Белорусский национальный технический университет

Основным показателем комфортабельности мобильной машины является уровень ускорений, передаваемых на водителя, пассажиров и перевозимые грузы. Высокие значения виброускорений ограничивают скорости движения и, как следствие, снижают производительность, отрицательно сказываются на состоянии работоспособности и здоровья водителя, вызывают его повышенную утомляемость, что напрямую связано с безопасностью движения.

Для решения задач вибронегруженности узлов и агрегатов мобильных машин обоснованной является дискретная модель в виде сосредоточенных масс, объединенных упругими и диссипативными безинерционными связями с необходимым числом степеней свободы, учитывающих линейные вертикальные и угловые продольные и поперечные колебания подвесочной массы и вертикальные линейные неподвесочных масс, а также аналогичные фазовые координаты объектов вторичного подвесочивания, в частности, кабины и сиденья водителя.

В данной статье приводится расчетная схема пространственных колебаний мобильной машины и некоторые результаты ее анализа. Предварительная оценка динамических качеств машины определяется по свободным колебаниям шасси. Дальнейший анализ проводится на основании внешних возмущений от опорной поверхности в виде детерминированных и стохастических неровностей.

Обработка временных реализаций наблюдаемых переменных производится с помощью корреляционного и спектрального анализа. Влияние курсовой скорости на уровень нагруженности шасси и других узлов машины оценивается среднеквадратичными значениями перемещений, скоростей и ускорений в заданных точках расчетной схемы.

Приводится влияние сухого трения в элементах подвески и параметров амортизаторов на колебательные процессы шасси мобильной машины.

Литература

1. Гурский, Н.Н., Фурунжиев, Р.И. Моделирование и оптимизация колебаний многоопорных машин. Монография. / Н.Н. Гурский, Р.И. Фурунжиев. – Мн.: Изд. БНТУ, 2008. – 296 с.
2. Смирнов, Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

Программное обеспечение генерирования экзаменационных билетов и тестов

Белова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Создание экзаменационных билетов и тестов – рутинная работа, требующая внимания и значительных временных затрат.

Каждый преподаватель вуза в преддверии сессии сталкивается с необходимостью формирования экзаменационных билетов исходя из списка экзаменационных вопросов. Кроме того, экзамен по дисциплине может проходить в виде теста, что еще больше усложняет процесс, так как необходимо разработать индивидуальные задания с большим количеством вопросов, которые не должны повторяться, либо повторение их необходимо свести к минимуму.

Информационные технологии – стремительно развивающаяся и получающая все большее применение отрасль научного знания и технического прогресса – предлагают свои возможности автоматизации этих трудоемких процессов. Использование программных средств значительно увеличивает скорость создания экзаменационных билетов и тестов и сводит временные и человеческие затраты практически к нулю.

В качестве входных и выходных данных при разработке программного обеспечения был выбран документ Microsoft Word, так как он предоставляет пользователю возможность работы с наиболее популярным и удобным в использовании форматом представления текстовых данных. Исходный документ с перечнем экзаменационных вопросов должен содержать вопросы, оформленные в виде нумерованного списка. Исходные документы с тестами должны содержать вопросы и варианты ответов, оформленные в виде многоуровневого списка.

Программа имеет удобный пользовательский интерфейс. При формировании экзаменационных билетов задаются: название дисциплины, учебный год, тип сессии - осенняя или весенняя, количество билетов, которые необходимо сгенерировать, количество вопросов в билете, номер протокола заседания кафедры и дата утверждения. Результатом работы программы является документ в формате MS Word, содержащий экзаменационные билеты.

При формировании тестов автоматически генерируется указанное число вариантов заданий, каждый тест может содержать любое число вопросов, выбранных по определенному алгоритму из предварительно сформированного документа с перечнем вопросов.

Использование средств мультимедиа в учебном процессе

Белова С.В.

Белорусский национальный технический университет

Мультимедийные технологии, являются на сегодняшний день наиболее «модным», востребованным направлением использования информационно-компьютерных технологий в сфере образования.

В широком смысле «мультимедиа» означает спектр информационных технологий, использующих различные программные и технические средства с целью наиболее эффективного воздействия на обучаемого.

Интеграция различных видов информации, воздействующая на несколько органов человеческих чувств, вызывает эмоциональную реакцию обучаемого, что положительно влияет на эффективность обучения. Включаясь с учебный процесс, где используются мультимедийные технологии, студент становится субъектом коммуникативного общения с преподавателем, что развивает самостоятельность и творчество в его учебной деятельности, повышает мотивацию.

Важным условием реализации и внедрения мультимедийных технологий в образовательный процесс является наличие специально оборудованных аудиторий с мультимедийным проектором, компьютером для преподавателя, экраном или мультимедийной доской.

Благодаря своим возможностям и развитию технических средств мультимедийные технологии могут применяться при проведении практически всех видов учебных занятий.

В процессе чтения лекций наиболее целесообразно использование компьютерных презентаций. Презентация оптимально содержит 20-25 слайдов, которые должны включать небольшое количество текстовой информации, а также рисунки, схемы, таблицы и т.п. Чтобы не отвлекать внимание студентов от изучаемого материала, презентацию не рекомендуется перегружать мультимедийными эффектами

При проведении практических и лабораторных работ, а также для самостоятельной подготовки студентов уместно использование электронных учебников, справочников, обучающих программ, электронных тестов, видеороликов, учебно-методических комплексов и других видов мультимедийных средств. Электронные тесты, например, могут быть с успехом использованы для экспресс опроса учащихся по теоретическому материалу перед началом лабораторной работы.

Мультимедийные технологии должны соответствовать целям и задачам курса обучения и органически вписываться в учебный процесс.

К вопросу консалтинга при разработке учебных планов

Бугай О.В.

Белорусский национальный технический университет

В [1] с консалтингом связывают деятельность специалистов той или целой фирмы, занимающихся стратегическим планированием проекта, анализом и формализацией требований к информационной системе, созданием системного проекта, иногда – проектированием приложений. При этом консультантом по части консалтинга выполняются два вида работ. Первый вид работ – это элементарное наведение порядка в организации: бизнес-анализ и реорганизация. Второй вид работ – собственно системный анализ и проектирование АИС. Консалтинг предусматривает обязательное обследование деятельности предприятия, для которого разрабатывается система автоматизации делопроизводства. Обработка результатов упомянутого обследования позволяет ликвидировать хаос, царящий на предприятии, а затем со временем осуществить комплексную автоматизацию предприятия, но не хаоса. В противном случае автоматизация бесполезна

На наш взгляд, такой подход необходимо применять не только при создании автоматизированных рабочих мест на предприятиях, но и в других сферах деятельности. Например, при разработке типовых учебных планов. Причем в обстоятельном обследовании деятельности нуждаются учебные заведения, разрабатывающие эти планы. Анализ результатов этого обследования позволяет построить две модели деятельности заведения: модель AS-IS, представляющую собой «снимок» положения дел в учебном заведении на момент обследования; модель TO-BE, интегрирующую перспективные предложения работников ВУЗа, экспертов, представителей консалтинговой фирмы.

Модель TO-BE может быть отправной при разработке типового учебного плана. Пример перехода от DF-диаграммы к ER-диаграмме, изложенный в [1], может быть весьма полезным для разработчиков учебных планов. Разумеется, при творческом подходе, т. к. учебные планы и модели данных не одно и то же.

Очевидно, что включению в рабочий план дисциплин по Совету ВУЗа должно предшествовать обследование деятельности выпускающей кафедры.

Литература

1. Калянов, Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. 3-е изд. / Г.Н. Калянов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. 320 с.

Моделирование учебного процесса с использованием современных диаграммных техник

Бугай О.В.

Белорусский национальный технический университет

Типовые и рабочие учебные планы разработаны. Оптимальные планы, но насколько рациональна их реализация? Ответ на этот вопрос может дать построение моделей AS-IS и TO-BE множества бизнес-процессов, от функционирования которых зависит воплощение учебных планов, а в итоге и квалификация выпускников ВУЗов.

К упомянутому множеству бизнес-процессов следует отнести изучение конкретной дисциплины. Поэтому разработка рабочих программ, методических указаний и пособий должна быть обязательно сопряжена с построением моделей AS-IS и TO-BE с применением таких диаграммных техник, как IDEF0, IDEF3, DFD и других. Это относится и к курсовым и дипломным проектам, когда проведение бизнес-консалтинга должно быть возложено на студентов.

Не менее актуальным является моделирование бизнес-процесса работы библиотеки. Обследование деятельности библиотеки играет решающую роль в вопросах списания, приобретения и оцифровки литературы для перехода на электронные учебники и дистанционное обучение.

Особого внимания заслуживает разработка информационной системы ВУЗа либо его подразделений. Удачный пример задач, решаемых такой системой, и подхода к ее проектированию с использованием CASE-технологий дан в [1]. К сожалению, не приводится анализ, предшествовавший проектированию, а таковой необходим при разработке любой системы, особенно ИС. Здесь может быть весьма полезен подход к консалтингу в области информационных систем, изложенный в [2]. Наличие ИС ВУЗа позволяет поддерживать ВУЗу связь со средними учебными заведениями, готовящими будущих абитуриентов, и предприятиями, работодателями для выпускников ВУЗа. Такая связь крайне необходима ВУЗу для его гибкого реагирования на запросы предприятий, оперативного внесения коррекции в рабочие планы и учебный процесс в целом.

Литература

1 Федотова, Д.Э. CASE-технологии: практикум / Д.Э. Федотова, Ю.Д. Семенов, К.Н. Чижик. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 160с.

2 Калянов, Г.Н. CASE-технологии. Консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. 3-е изд. / Г.Н. Калянов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 170 с.

Некоторые аспекты проектирования баз данных

Бухвалова И.А.

Белорусский национальный технический университет

Значительная часть проектов в области информационных технологий направлена на разработку и создание информационных систем, в рамках которых осуществляется обработка данных различной сложности. Целью таких проектов является разработка и создание информационной системы с базами данных. Практически во всех таких проектах решается задача проектирования баз данных определенного типа.

В эксплуатации база данных и ее окружение должны удовлетворять набору требований по ряду укрупненных (интегрированных) параметров, таких как:

- функциональность и адаптируемость;
- производительность обработки транзакций;
- пропускная способность;
- время реакции;
- безопасность.

Такие параметры иногда находятся в противоречии друг к другу. Так, высокие требования по функциональности на данном конкретном оборудовании могут вступать в конфликт с высокими требованиями по производительности. Например, отчеты могут генерироваться в течение нескольких часов и снизить в это время реакции пользователей, работающих с системой в диалоговом режиме. Параметры, выражающие требования к базе данных, могут ранжироваться посредством присвоения приоритетов. Присвоение высшего приоритета требованию создать структуру данных для достижения системой максимально возможной производительности может привести к тому, что при проектировании базы данных требование обеспечить удобство работы определенной категории пользователей будет рассматриваться через призму производительности. Например, в системе бронирования авиабилетов в транснациональной авиакомпании время отклика на запрос не должно превышать 15-30 секунд. Поэтому, если это требование не будет удовлетворяться, то потребуются "разгрузить" приложение оператора.

Основной задачей проектировщика базы данных является обоснованный выбор такой ее структуры, которая обеспечит согласованное взаимодействие всех ее компонентов согласно заданным функциональным требованиям в рамках заданных ограничений.

Логическое программирование на процедурном языке

Ковальков А.Т., Ковалькова И.А.

Белорусский национальный технический университет

Отличительной особенностью логического программирования на языке Пролог является то, что здесь не нужно разрабатывать алгоритм решения задачи, как это требуется в процедурных языках. Достигается это благодаря использованию рекурсии, которая является основным механизмом программирования на Прологе. Простейшая рекурсивная процедура может состоять из двух предложений. Первое предложение, называемое граничным условием, определяет момент окончания рекурсивного цикла. В этом предложении задаются такие значения входных параметров, для которых сразу известен результат. Второе предложение состоит из заголовка и тела, объединенных связкой if (если). В теле производится рекурсивное обращение к процедуре, при этом, не зная, как работает Пролог-система, мы с помощью рекурсивного обращения, вычисляем промежуточный результат, как правило, отстоящий от конечного результата на один шаг, и далее используем этот промежуточный результат для получения решения задачи.

Проиллюстрируем сказанное на примере вычисления факториала, где используется известное из математики рекурсивное выражение для вычисления факториала $N! = (N-1)! * N$:

Factorial(0,1). % 0!=1, граничное условие

Factorial(N,F) if factorial(N-1,F1) and F=F1*N. %N!=(N-1)!*N

В процедурных языках также есть рекурсия, поэтому, используя ее, можно реализовать описанную выше идеологию программирования и на процедурном языке.

Таким образом, применяя идеологию логического программирования Пролога, можно с помощью использования рекурсии писать простые и эффективные подпрограммы в виде функций или процедур для разных классов задач на процедурных языках (вычисление сумм, возведение числа в целую степень, сортировка данных, вычисление значений чисел Фибоначчи, вычисление определенного интеграла [1], решение логических задач, например, “Ханойская башня” [2] и т.д.).

Литература

1. Алексеев, Ю.Е., Ваулин, А.С., Куров, А.В. Практикум по программированию / Ю.Е. Алексеев, А.С. Ваулин, А.В. Куров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.

2. Адаменко, А.Н., Кучуков, А.М. Логическое программирование и Visual Prolog / А.Н. Адаменко, А.М. Кучуков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

Использование системного анализа в планировании и организации учебного процесса

Михалевиц А.П., Михалевиц В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Системный анализ, системный подход, теория систем, исследование операций – все эти определения относятся к области науки, которая занимается разработкой принципов, лежащих в основе принятия решений. Многие из полученных результатов уже используются при разработке военной техники, проведении стратегических операций, в экономике. Используемый в системном анализе математический аппарат охватывает практически все области прикладной математики и постоянно совершенствуется.

При планировании учебного процесса можно использовать уже известные математические модели или разрабатывать свои. Так, перераспределение учебной нагрузки между четверью преподавателями можно представить в виде сети Петри, которая состоит из четырех позиций и пяти переходов, а количество фишек в каждой из позиций определяет количество предметов, закрепленных за преподавателем. При срабатывании переходов происходит перераспределение фишек в позициях сети Петри, имитирующее перераспределение предметов между преподавателями.

При организации учебного процесса можно воспользоваться моделями сетевого планирования [1] и динамического программирования. Так учебный план по специальности может быть представлен в виде ориентированного графа, вершины которого соответствовали бы предметам а дуги имитировали бы связи между предметами и определяли бы продолжительность изучения предметов. Аналогичным образом можно имитировать процесс изучения определенной дисциплины для чего рассматриваются темы занятий, представленные в рабочей программе, им будут соответствовать вершины графа, дуги определяют связи между темами и продолжительность их изучения. При анализе графов могут решаться задачи типа определения критического пути.

Более широкое использование математических моделей при планировании и организации учебного процесса позволит повысить качество подготовки молодых специалистов.

Литература

1. Филипс, Д., Гарсиа-Диас, А. Методы анализа сетей: пер. с англ. / Д. Филипс, А. Гарсиа-Диас.– М.: Мир, 1984. – 496 с.

Опыт проведения социологических исследований в учебных группах ФИТР

Михалевич А.П., Михалевич В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Проведение социологических исследований в учебных группах позволяет “оживить” учебные занятия, расширить кругозор студентов, вызвать интерес к принятию самостоятельных решений.

Впервые социологическое исследование было проведено в рамках дисциплины “Методы и алгоритмы принятия решений” в 1998 году. Студенты должны были оценить деловые и человеческие качества преподавателей кафедры ПОВТ и АС по 10-бальной системе. Студенты нескольких групп заполняли опросные листы после чего данные обрабатывались и выводились средние показатели. При анализе полученных данных выяснилось, что некоторые преподаватели, несомненно, знали свой предмет, но не смогли его подать должным образом, другие же, обладая всеми деловыми качествами, на занятиях допускали нетактичное поведение по отношению к студентам, отмечали студенты и слабую подготовку отдельных преподавателей. Полученные результаты были доведены до сведения преподавателей, вызвавших наибольшие нарекания студентов, и в дальнейшем, по отзывам студентов, качество преподавания повысилось.

При проведении курсового проектирования по вышеназванной дисциплине в небольшом разделе студентам предлагалось оценить достоверность результатов прогнозирования с использованием астрологии, нумерологии, хиромантии. Как оказалось, нумерология не давала объективной картины, большим доверием пользовалась хиромантия (одни студенты рисовали линии на своих руках, другие делали чернильные отпечатки, третьи – использовали сканер или цифровой аппарат), наибольший интерес вызвала астрология. Достоверность результатов достигала 80 процентов и была сравнима с точностью метеопрогнозов.

При проведении исследований широко использовалось как ранее разработанное программное обеспечение, так и программное обеспечение, разработанное студентами. Так, при решении задач астрологии использовались карты Белоруссии, базы данных по городам Белоруссии и России, программное обеспечение, позволяющее строить гороскопы и осуществлять выбор и настройку аспектов планетами и их расшифровку.

Студенты, которые принимали участие в социологических исследованиях, отметили несомненную пользу от них.

Моделирование динамики системы виброзащиты транспортного средства

Гурский Н.Н., Амир Солтани М.

Белорусский национальный технический университет

Моделирование динамических процессов, возникающих при движении таких сложных многомерных механических систем, как транспортные средства, невозможно без современных технологий, ориентированных на компьютерное моделирование. Чтобы найти требуемое пространство параметров виброзащитной системы машины необходимы программные комплексы, поддерживающие возможность:

- выбора расчетной схемы машины и удобного задания параметров и характеристик ее элементов.
- формирования широкого спектра внешних воздействий,
- решения задач временного, скоростного, энергетического и др. типов,
- визуального выбора наблюдаемых переменных;
- проведения сравнительного анализа результатов вариантных расчетов,
- оптимизации заданных параметров транспортного средства.

В данной статье рассматривается программный комплекс ADMOS, в котором реализованы изложенные выше возможности. На примере моделирования колебаний двухосного седельного тягача, компьютерная расчетная схема которой приведена на рисунке 1, показаны последовательные шаги по расчету систем подрессоривания шасси, кабины и сиденья водителя.

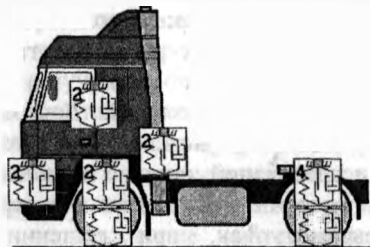


Рисунок 1 – Компьютерная расчетная схема седельного тягача

Приведена математическая модель пространственных колебаний и результаты вычислительного эксперимента.

Оптимальное управление электроприводом постоянного тока

Новиков С.О., Пашенко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрено построение микропроцессорных систем управления на основе положений модифицированного принципа максимума и сформулированы постановки задач для такого управления с учетом использования современных средств программного обеспечения и современных требований к системам разработки программ.

Зададимся конкретным законом зависимости момента инерции, зависящего от пути $J(\alpha)$, например в виде.

$$J(\alpha) = J_0 + (k_1\alpha + k_2\alpha^2) e^{k_3\alpha}.$$

Тогда для вычисления момента нагрузки $\mu_n(\alpha, v)$ целесообразно использовать точную зависимость, поэтому имеем:

$$\mu_n(\alpha, v) = \mu_0 + \frac{v}{2} [k_1 + (2k_2 + k_1k_3)\alpha + k_2k_3\alpha^2] e^{k_3\alpha}.$$

Для получения конкретных результатов рассматривалась система уравнений описывающая поведение электропривода постоянного тока, которая моделировалась в системе программирования CoDeSys с использованием метода Эйлера. По результатам моделирования проводилось сопоставление полученных данных для двух случаев:

- оптимального управления током якоря, где Ψ_2 - величина, значение которой изменяется на каждом шаге вычислений;
- оптимального управления, по Ю.П. Петрову, при котором весовой множитель Ψ_2 принимается постоянным на всем интервале вычислений.

Из сравнения и оценки полученных результатов, по критерию минимизации потерь (2.28) сделан вывод о том, что оптимальное управление на основе модифицированного принципа максимума по отношению к оптимальному управлению проведенному на основе вариационного исчисления снижает потери в меди якоря двигателя постоянного тока, в зависимости от обрабатываемого угла, в пределах 7-13 %.

**Алгоритмическое и программное обеспечение
моделирования внешних воздействий на шины многозвенного
транспортного средства**

Разоренов Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Тенденции к повышению энегронасыщенности транспортных средств (ТС), увеличение их скоростей движения и веса перевозимого груза ставит актуальную задачу - обеспечение безопасности движения. Современный подход требует построения адекватных математических моделей: водитель, транспортное средство, внешние воздействия.

Дорога является наиболее существенной составляющей внешних воздействий, где профиль дороги и отклонения от него (микро и макро неровности) являются основными характеристиками.

Профиль дороги и ряд неровностей (сечение) моделируется линейными и нелинейными уравнениями и их комбинациями. Причем, для учета сглаживающей способности шины, системы неравенств заменялись аппроксимирующими зависимостями. Это позволило уменьшить скачки величины и знака производной в моделируемых ординатах дороги.

Базовая модель микронеровностей дороги представлена как бинарный файл с ординатами точек дороги. Ординаты неровностей получены экспериментальным путем или цифровым моделированием случайных чисел с заданными характеристиками.

Алгоритм для расчета цифровых моделей участков дороги для численного решения системы дифференциальных уравнений ТС учитывает: скорость движения и геометрические параметры звеньев ТС, сглаживающую способность шин.

Сглаживающая способность шин моделируется усреднением воздействия микронеровностей отрезков дороги на колеса осей ТС, равных длинам пятен контактов шин. Для вычисления крайних точек отрезков используется интерполяция.

Программное обеспечение использует многопоточность и технологию файлов, отображаемых в память. Многопоточность позволяет на многоядерных вычислительных системах реализовать параллельное программирование, что увеличивает быстродействие моделирования.

Литература

1. Хеминг, Р.В. Численные методы для научных работников и инженеров / Р.В. Хеминг. – 2-е изд. – М.: Наука, 1972. – 400 с.

Разоренова Т.Р.

Белорусский национальный технический университет

Структура нового учебного курса «Прикладные системы обработки данных» предполагает изучение возможностей пакета офисных программ, с помощью которых формируются основные данные, накапливаемые в базах данных для их последующей обработки и использования. Одной из концепций, позволяющих сделать анализ данных быстрым и удобным, является OLAP – On-Line Analytical Processing (Оперативная Аналитическая Обработка Данных). OLAP предоставляет удобные быстродействующие средства доступа, просмотра и анализа деловой информации. Как правило, этот анализ проводится по заранее составленным итоговым отчётам, подготовка которых тоже достаточно трудоёмкое занятие – необходимо подсчитать массу показателей и свести их воедино. На основе анализируемой информации можно выявлять скрытые тенденции, строить стратегию развития, находить новые решения. На создание отчётов порой уходит значительное количество времени. Работа аналитиков предполагает сбор данных, ввод их в компьютер, обработку (например, получение итоговых или сводных отчетов) и подготовку отчета к распечатке или визуализации результатов анализа графическими средствами.

Основное предназначение системы анализа данных на базе OLAP-технологий – это максимально упростить и ускорить принятие управленческих решений. OLAP-функциональность может быть реализована различными способами, начиная с простейших средств анализа данных в офисных приложениях и заканчивая распределенными аналитическими системами, основанными на серверных продуктах. Но всегда средства OLAP оперируют с так называемыми «кубами данных». Построение многомерных кубов, где осями многомерной системы координат служат основные атрибуты анализируемого бизнес-процесса, а на пересечениях осей (измерений) находятся данные, количественно характеризующие процесс (меры), производится в системах аналитической обработки данных, предоставляемой SQL Server.

Microsoft SQL Server 2005(8) предоставляет инструменты для реализации любых аспектов бизнес-аналитики, что дает возможность расширить круг вопросов по применению баз данных в подготовке инженеров-программистов, которые очень быстро становятся управленцами проектов в IT-компаниях, а значит, должны принимать решения, определяющие направления и эффективность работы.

Размещение корней динамической системы в заданной области на основе использования корневых портретов Теодорчика – Эванса

Несенчук А.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается семейство динамических систем второго порядка с интервальной неопределенностью. Решаются две основные задачи: а) определение гарантированной (фактической) области G расположения семейства корней заданной системы; б) размещение семейства корней заданной системы в области качества Q трапецеидальной формы, ограниченной линиями равной степени устойчивости и постоянного демпфирования. Динамическая система описывается семейством характеристических уравнений вида $s^2 + a_1s + a_2 = 0$, где s – комплексное переменное; $s = \sigma + i\omega$; $a_j \in [\underline{a}_j, \overline{a}_j]$; $j = \overline{0, 2}$. В основу формирования корневого портрета положены уравнения годографа $(2\sigma + a_1)\omega = 0$ и параметра $a_2 = -(\sigma^2 + a_1\sigma - \omega^2)$.

В зависимости от локализации в плоскости корней (собственных частот) системы устанавливаются основные типы корневого портрета: 1) портрет в комплексной плоскости; 2) граничный портрет в комплексной плоскости; 3) действительный портрет; 4) граничный действительный портрет; 5) смешанный портрет. Гарантированная область расположения корней определяется по каждому типу корневого портрета предельными значениями координат σ и ω портрета – соответственно минимальными σ_{\min} и ω_{\min} и максимальными σ_{\max} и ω_{\max} . Так, для смешанного портрета значения границ следующие: $\sigma_{\max} = -\overline{a}_1/2 + \sqrt{-(\underline{a}_2 - \overline{a}_1^2/4)}$, $\omega_{\min} = \sqrt{\underline{a}_2 - \overline{a}_1^2/4}$, $\sigma_{\min} = -\overline{a}_1/2 + \sqrt{-(\underline{a}_2 - \overline{a}_1^2/4)}$, $\omega_{\max} = \sqrt{\underline{a}_2 - \overline{a}_1^2/4}$.

Если гарантированная область G локализуется за пределами области Q , то можно установить графически по рисунку или аналитически, используя выведенные формулы, то решается задача размещения семейства корней R в области Q . С этой целью вычисляются координаты *граничных (критических) точек* искомой области корней R , полностью принадлежащей Q , $R \subseteq Q$. В общем случае (тип портрета 5) такими критическими точками будут точки $t_{\beta \min}(\sigma_{\beta 1}, \omega_{\min})$, $t_{\beta \max}(\sigma_{\beta 2}, \omega_{\max})$, ограничивающие вертикальное расположение R , а также $t_{\eta \min}(\sigma_{\min}, \omega_{\eta 1} = 0)$ и $t_{\eta \max}(\sigma_{\max}, \omega_{\eta 2} = 0)$, ограничивающие расположение R по горизонтали.

Граничные точки определяются на основе установленных закономерностей конфигурации корневого портрета системы по соответствующим формулам.

**Синтез и моделирование системы адаптивного управления
электроприводом**

Опейко О.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Система скалярного частотного управления асинхронным электродвигателем допускает использование при синтезе линеаризованной модели электродвигателя в виде звена второго порядка. При наличии обратной связи по скорости либо по электродвижущей силе статора синтез позволяет получить пропорционально-интегро-дифференцирующий (ПИД) регулятор соответствующей величины. Однако в процессе функционирования электропривода параметры электродвигателя обычно изменяются в широких пределах. Это приводит к значительным отклонениям качества регулирования от желаемого, поскольку регулятор перестает соответствовать свойствам объекта.

Такое несоответствие при частотном управлении особенно нежелательно, если нарушаются условия, при которых можно применять принятый в системе закон частотного управления.

Стабильное качество регулирования может быть достигнуто путем автоматической настройки регулятора, то есть при адаптивном управлении.

Для синтеза адаптивного ПИД-регулятора применяется функция Чепунова в расширенном пространстве переменных состояния и настраиваемых параметров регулятора.

Поскольку в системах скалярного управления, как правило, применяется плавный сигнал задания скорости, для применения автоматической настройки не нужна эталонная модель, что значительно упрощает адаптивный регулятор.

Математическое моделирование системы частотного управления с адаптивным ПИД-регулятором и полной имитационной моделью асинхронного электродвигателя показывает, что настройка регулятора выполняется в течение переходного процесса при первом пуске двигателя, а следующие переходные процессы имеют требуемое качество регулирования.

При внешних либо параметрических возмущениях адаптация обновляется, что и обеспечивает стабильное качество. Если в системе возможны резкие изменения момента нагрузки, необходима отрицательная обратная связь по току.

Преобразователь частоты демагнетизатора подшипниковых колес

Мигдалёнок А. А.

Белорусский национальный технический университет

Изготовленные из ферромагнитных материалов детали подшипников в процессе обработки подвергаются воздействию внешних магнитных полей и намагничиваются. Остаточная намагниченность деталей способствует попаданию внутрь подшипников металлических частиц, что приводит к увеличению коэффициента трения деталей подшипников, их повышенному износу и снижению долговечности.

Для уменьшения остаточной намагниченности деталей их необходимо размагничивать. Вследствие высокой эффективности преимущественное применение в промышленности получил способ размагничивания деталей воздействием на них переменного магнитного поля.

Размагничивание с применением магнитного поля частоты 50 Гц возможно лишь для деталей небольших размеров. Магнитное поле частотой 50 Гц не в состоянии размагнитить крупногабаритные детали, так как вследствие поверхностного эффекта глубина проникновения поля в деталь мала и составляет несколько миллиметров. Для увеличения проникновения магнитного поля в деталь и обеспечения требуемого качества размагничивания необходимо использовать магнитное поле пониженной (по сравнению с 50 Гц) частоты.

Напряжение низкой частоты можно получить с помощью двухзвенного преобразователя частоты с инвертором напряжения (ДПЧ ИН). При питании активно-индуктивной нагрузки от инвертора напряжения необходимо исключить постоянную составляющую выходного напряжения с целью уменьшения тока постоянной составляющей. Для решения этой задачи предложена система автоматического управления с жёсткой отрицательной обратной связью по току индуктора. Для поддержания тока, близкого к заданному, используется релейный регулятор тока, для которого разработан соответствующий алгоритм функционирования.

На основе функциональной схемы преобразователя частоты и алгоритма функционирования релейного регулятора тока разработана имитационная модель. В результате моделирования получены графики электрических переменных преобразователя частоты демагнетизатора.

Полученные графики показывают, что предложенный алгоритм функционирования релейного регулятора тока позволяет сформировать близкий к заданному ток индуктора демагнетизатора при низкой частоте коммутации ключей инвертора напряжения.

Курсовая работа по «Информатике» как завершающий модуль обучения по теме «Программирование инженерных задач на Паскале»

Павлович С.Н.

Белорусский национальный технический университет

В научно-педагогических разработках белорусских исследователей все большее внимание уделяется проблеме *модульного обучения*, особенно в рамках конкретных учебных дисциплин. Модульный подход предполагает, что учебная программа конкретной дисциплины разбивается на отдельные модули, по которым разрабатывается соответствующая учебно-методическая документация, с которой студент может работать самостоятельно или под руководством преподавателя в режиме обратных связей.

В соответствии с российским образовательным стандартом высшего профессионального образования от 2007 г. под *модулем* понимается «часть образовательной программы или часть учебной дисциплины, имеющая определенную логическую завершенность по отношению к установленным целям и результатам обучения, воспитания».

Модуль в рамках одной учебной дисциплины представляет собой блок информации, включающий в себя логически завершенную одну, две или более единиц учебного материала. Основным средством реализации модульного обучения является *учебный элемент* – это автономный учебный материал, предназначенный для освоения некоторой элементарной единицы знаний и умений. Содержание учебных элементов определяется так, чтобы каждый из них представлял собой законченную единицу деятельности, важную при изучении данной темы.

Используя принцип модульного обучения, по дисциплине «Информатика» по теме «Программирование инженерных задач на Паскале» разработан лабораторный практикум, состоящий из отдельных модулей, при этом по каждому модулю представлены необходимые теоретические сведения в виде Приложений (номер Приложения соответствует номеру модуля).

Последним завершающим модулем является выполнение студентами курсовой работы, в которой они самостоятельно разрабатывают алгоритм *сложной задачи* (содержащей линейные, разветвляющиеся и циклические структуры, массивы данных, обращения к подпрограммам), а по нему и программу на Паскале (с выполнением вычислений по ней на ПК), используя полученные знания и умения во время освоения предыдущих модулей лабораторного практикума.

Имитационное моделирование системы кондиционирования пассажи́рского вагона

Миронович А. В., Примшиц П. П.

Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших требований, предъявляемых сегодня к пассажирским перевозкам на железнодорожном транспорте, является комфорт. Основным же критерием комфортности можно считать температуру воздуха в вагоне. В летнее время при высокой температуре окружающего воздуха для получения прохлады в вагоне используют систему кондиционирования, которая включает в себя электрический компрессор, и сложную систему циркуляции хладагента.

Особенностью системы кондиционирования вагона является автономность источника электропитания. В связи с ограничением на рабочее напряжение аккумуляторной батареи (140 В) в электрической части системы требуется повышающий преобразователь постоянного напряжения, поскольку для питания системы «автономный инвертор - асинхронный двигатель» необходимо постоянное напряжение величиной хотя бы 300 В.

Подобный преобразователь достаточно подробно рассматривался в предыдущих публикациях авторов. Была проведена идентификация повышающего преобразователя как объекта управления и его имитационное моделирование. Однако, во всех предыдущих работах авторов рассматривалась работа преобразователя на активную нагрузку (омическое сопротивление), в то время как в реальности нагрузкой преобразователя является система «автономный инвертор – асинхронный двигатель», которая имеет гораздо более сложный характер влияния на источник питания.

Поэтому в рамках данной работы с помощью системы компьютерной математики Matlab была смоделирована система, включающая в себя идеальный источник напряжения, повышающий преобразователь постоянного напряжения, автономный инвертор и короткозамкнутый асинхронный двигатель. Причём, моделирование проводилось для двух систем с различными вариантами управления преобразователем: а) широтно-импульсное управление с частотой коммутации 20 кГц; б) коммутация силового ключа преобразователя в функции тока дросселя с целью получения граничного режима работы последнего.

В результате моделирования установлено, что первая система оказывается неустойчивой, что выражается нарастающими колебаниями напряжения. Вторая система обеспечивает требуемый режим работы.

Некоторые особенности расчета характеристик и показателей трехфазных вентильных двигателей переменного тока типа СДПМ

Фираго Б.И.

Белорусский национальный технический университет

Трехфазные вентильные двигатели с постоянными магнитами типа СДПМ выпускаются на мощности от сотен ватт до несколько десятков киловатт при частотах вращения от 1500 до 10000 об/мин. Они применяются в регулируемых электроприводах металлорежущих станков, роботов, манипуляторов и других механизмов, где требуется высокая точность выполнения технологических операций и быстродействие. В этих двигателях используется непрерывный способ управления положением результирующего вектора МДС статора относительно вектора МДС вращающегося ротора с помощью датчика положения ротора. В результате векторного управления СДПМ получают свойства и характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ).

В работе раскрыты особенности фазных и координатных преобразований для получения структурных схем и адекватных уравнений в координатных осях ротора d - q . Эти уравнения соответствуют уравнениям ДПТ НВ с той лишь разницей, что напряжение на якоре – это линейное напряжение трехфазного СДПМ, а ток якоря – это действующее значение фазного тока СДПМ, при этом магнитный поток взаимоиндукции – это потокосцепление по оси d , которое в $\sqrt{3}$ раз больше фазного потокосцепления взаимоиндукции трехфазного СДПМ.

Основываясь на уравнениях математической модели эквивалентного двухфазного СДПМ в осях d - q , получена математическая модель электропривода с трехфазным СДПМ и структурная схема, соответствующая этой модели.

Предложена также методика расчета параметров и показателей СДПМ на основе каталожных данных этих двигателей. При этом учтено, что разные фирмы приводят в качестве исходных данных разные величины. Методика расчета иллюстрируется двумя примерами с использованием каталожных данных фирм Omron и Siemens.

По этой методике можно, кроме параметров, рассчитать: потокосцепление взаимоиндукции по продольной оси, номинальную потребляемую трехфазным СДПМ активную мощность, номинальный м.п.д. электродвигателя, частоту свободных электромеханических колебаний, коэффициент затухания и резонансную частоту.

Особенности импульсного регулирования напряжения в процессах плавного пуска и торможения асинхронных электродвигателей

Васильев Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Недостатки тиристорных регуляторов напряжения (искажение синусоидальной формы питающего напряжения, фазовый сдвиг первой гармоники тока, дополнительные потери мощности и нагрев обмоток двигателя) можно уменьшить при использовании полностью управляемых силовых ключей с определенными алгоритмами управления интервалами их проводимости и высокими частотами коммутации.

Рассматриваются три варианта реализации схемы импульсного регулятора напряжения: на 6 парах силовых ключей, на 4 ключах с шунтирующим диодным мостом, на 4 парах силовых ключей.

Самым простым с точки зрения реализации алгоритма управления является первый вариант схемы импульсного регулятора на шести парах силовых ключей. При включенных парах основных ключей $S1-S3$ происходит обмен энергии между сетью питающего напряжения и нагрузкой (напр., двигателем). При выключенных парах основных ключей $S1-S3$ происходит закорачивание фаз нагрузки (двигателя) соответствующими шунтирующими ключами пар $S4-S6$ для создания пути протекания тока нагрузки при выключенных основных ключах.

Во втором варианте вместо закорачивания фаз нагрузки параллельными ключами (при выключенных основных ключах) применено межфазное закорачивание нагрузки с помощью трехфазного диодного моста и общего однонаправленного ключа-транзистора.

Наиболее эффективным в отношении потерь мощности и стоимости силовых элементов является вариант схемы импульсного регулятора напряжения на 4 парах ключей, где две основные пары ключей $S1-S2$ расположены только в двух фазах нагрузки (третья фаза – свободна), а остальные две пары ключей $S3-S4$ осуществляют межфазное закорачивание нагрузки при отключенных основных ключах $S1$ и $S2$.

В практической реализации схемы импульсного регулятора напряжения на полностью управляемых силовых ключах обязательно надо учитывать время включения и выключения ключей источника питания и нагрузки. В целях исключения межфазных к.з. источника питания во время коммутации ключей источника и нагрузки применяется алгоритм управления с так называемым «мертвым временем» или алгоритм управления без «мертвого времени», но с контролем полярности напряжения и направления тока.

Высокоэкономичный повышающий преобразователь напряжения

Примшиц П.П., Жагальский И.Г.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время все больше и больше требуется применение преобразовательной техники в местах, где нужна большая мощность при низких напряжениях питания, как например работа преобразователя в системах автономного электроснабжения. В таких преобразователях напряжения важнейшим параметром является его КПД, так как при его повышении снижаются массогабаритные показатели устройства. Один из таких преобразователей показан на рисунке 1.

Данная схема позволяет получать напряжение на нагрузке выше или ниже питающего. Она также обеспечивает потребление преобразователем минимального тока.

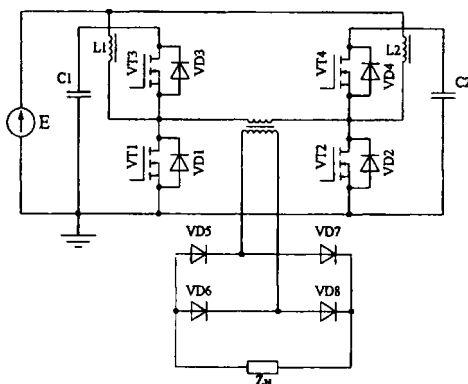


Рисунок 1 – Схема преобразователя

При $\gamma_{VT1} \neq \gamma_{VT2}$, где $\gamma_{VT1} = (2 \cdot t_{npVT1}) / T$, $\gamma_{VT2} = (2 \cdot t_{npVT2}) / T$ напряжения на конденсаторах будут равны:

$$U_{C1} = \frac{2 \cdot E}{2 - \gamma_{VT1}}; \quad U_{C2} = \frac{2 \cdot E}{2 - \gamma_{VT2}}.$$

При открытии пары ключей VT1, VT4, ток транзистора VT4 будет равен разности тока нагрузки и тока дросселя L2. Транзистор VT4 является слабогруженным элементом, следовательно, и потери энергии в нем малы. Аналогичная ситуация будет при открытии ключей VT1, VT3.

Разработанная и синтезированная математическая модель преобразователя показала его эффективную работу.

Петренко Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Крановые установки являются одними из самых распространенных во многих отраслях народного хозяйства. Производительность кранов часто определяет эффективность работы всего комплекса. Одной из проблем, возникающих при работе крана, является раскачивание груза при доставке его в требуемые координаты. В ряде источников отмечается, что при неудовлетворительном решении этой проблемы при управлении оператором снижение производительности достигает 20%. Существует несколько подходов для решения задачи бесколебательного управления, среди которых можно выделить: 1) традиционные (классические) и 2) современные, основанные на микропроцессорной технике. К первой группе относятся системы подчиненного регулирования координат электропривода и методы релейного управления, так называемые "банг-банг" режимы.

Основой бесколебательного управления является применение регулируемого в широком диапазоне электропривода и измерение текущих координат рабочего органа, которым в рассматриваемом случае является тележка мостового крана с подвешенным грузом. Независимо от способа управления необходимо формирование ускорения электропривода.

Современные микропроцессорные средства позволяют реализовать управление на основе нечеткой логики и генетических алгоритмов [1]. При проектировании контроллера управления движением на основе нечеткой логики (КНЛ) возникает две проблемы: 1) выбор структуры обучения КНЛ, и 2) определение численных значений параметров КНЛ. Для решения этих задач может быть успешно применен генетический алгоритм (ГА), как для проектирования КНЛ так и настройки его параметров. Фактически ГА используется для нахождения базы нечетких правил управления, которые проверяются на оптимальность путем определения их функцией пригодности согласно необходимым особенностям.

Литература

1. Алави, С. Энаятоллах, Петренко, Ю.Н. . Контроллер нечеткой логики на основе генетических алгоритмов для электропривода тележки мостового крана / Алави С. Энаятоллах, Ю.Н. Петренко // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. Объединений СНГ). 2009. – №2. – С. 17-22.

Симонович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Усиление требований к комфортабельности и безопасности транспорта, снижению количества отказов транспортных единиц и уменьшению времени простоев, снижению времени на техническое обслуживание и, соответственно, снижению материальных затрат на обслуживание привело к созданию распределенной параллельной системы управления, работающей в реальном времени [1]. Каждый узел системы управления представляет собой отдельную вычислительную систему - контроллер. Все узлы связаны локальной сетью на базе CAN интерфейса (Controller Area Network).

Схема троллейбусной CAN-сети включает в себя 18 контроллеров. Имея общую структуру, в зависимости от функционального назначения контроллеры делятся на несколько типов и в зависимости от управляемой ими нагрузки могут иметь различный набор силовых ключей. В зависимости от режимов работы троллейбуса все контроллеры разбиты на три группы по питанию.

Система управления позволяет полностью диагностировать все объекты управления на обрыв нагрузки и на короткое замыкание, определяет логические сбои в работе оборудования, контролирует датчики входных параметров (давления, температуры, напряжения и др.), ошибки на CAN-шине и сбои в работе контроллеров. Для удобства обслуживающего персонала вся информация выводится на жидкокристаллический монитор.

Применение системы реального времени требует применения и других методов программирования. Основной структурной единицей системы реального времени является объект. С точки зрения программы, объекты реального мира это устройства ввода/вывода. Все объекты взаимодействуют друг с другом. Объекты распределены – каждый поддерживает свое собственное состояние, отличное от других. Объекты параллельны – каждый из них может действовать параллельно с другими. Все объекты взаимосвязаны через сеть.

Литература

1. Симонович, А.В. Перспективы развития систем управления троллейбусов. / А.В. Симонович, Ю.Н. Петренко // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2003. – №1. – С. 24-28.

Математические модели электроприводов крановых механизмов*

Алави Сайед Энятоллах

Белорусский национальный технический университет

Для ее построения динамической модели тележки подъемного крана с переменной длиной кабеля воспользуемся схемой, представленной в [1]. Тележка массой m_T перемещается по рельсам и имеет барабан, поднимающий кабель длиной $L(t)$ с полезным грузом m_P , приложенным к его концу. Работа механизма в динамике при подъеме груза и с учетом ряда допущений [1] описывается системой уравнений, где A, F и B матрицы:

$$[A] \begin{Bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{\theta} \\ \ddot{l} \end{Bmatrix} + \{B\} = \{F\} \quad \{B\} = \begin{Bmatrix} 2m_P l \dot{\theta} \cos(\theta) - m_P l \dot{\theta}^2 \sin(\theta) \\ 2\dot{l} \dot{\theta} + g \sin(\theta) \\ -m_P l \dot{\theta} \sin(\theta) - m_P g \cos(\theta) \end{Bmatrix}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} m_P + m_T & m_P l \cos(\theta) & m_P l \sin(\theta) \\ \cos(\theta) & l & 0 \\ m_P \sin(\theta) & 0 & m_P \end{bmatrix},$$

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} F_x \\ 0 \\ F_l \end{Bmatrix}$$

Управление краном заключается в формировании воздействий F_x в вагонетке и F_l по кабелю. Две силы F_x в вагонетке и F_l по кабелю управляют подъемным краном. Остальные обозначения приведены в [1].
Литература

1. Алави, С. Энятоллах, Петренко, Ю.Н. Контроллер позиционного электропривода на основе нечеткой логики / Алави С. Энятоллах, Ю.Н. Петренко // Тр. БГТУ. Серия IX, вып. XVI. – 2008. – С. 49-52.

*Работа выполнялась под руководством канд. техн. наук Петренко Ю.Н.

Дополнительные источники энергосбережения на предприятии

Константинова С.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время огромное внимание уделяется вопросам экономии электроэнергии. Исследуются любые возможности повышения эффективности использования электроэнергии на предприятии.

Пути снижения энергозатрат является правильный выбор защитной электроаппаратуры; проведение качественной послеремонтной диагностики электрооборудования; грамотная эксплуатация электрооборудования.

Энергосбережение на каждом предприятии может достигаться различными путями. Одним из мероприятий, которое без больших капитальных затрат приводит к энергосбережению, является организация послеремонтной диагностики асинхронных двигателей (АД). АД потребляют основное количество электроэнергии практически на каждом предприятии. С течением времени электрические и магнитные параметры АД ухудшаются. Все это оказывает отрицательное влияние на рабочие и пусковые характеристики двигателей. Служба главного энергетика предприятия всегда заинтересована в качественном ремонте двигателей, и в организации контроля за качеством ремонта. При этом актуальным вопросом является минимизация затрат.

Качество ремонта АД наиболее просто и качественно можно определить по току холостого хода и времени разгона двигателя в режиме х.х. при номинальном напряжении. Упрощенный анализ запуска АД в режиме х.х. может служить достаточно точной диагностикой качества ремонта АД, а также оценкой его ресурсных возможностей.

Также для решения вопросов энергосбережения предлагается обратить внимание на конструктивные особенности силовых масляных трансформаторов (от 25кВА и выше до напряжения 35 кВ включительно) и использовать их для поддержания напряжения в необходимых пределах. Согласно ГОСТ16110, такие трансформаторы снабжаются ступенчатым регулированием напряжения путем переключения ответвлений обмоток без возбуждения (ПВВ). В обмотках высшего напряжения выполняется 4 ответвления на +5, +2,5, -2,5, -5% номинального напряжения помимо номинального напряжения.

Грамотная эксплуатация энергохозяйства, правильная оценка электрических нагрузок предприятия дают возможность использовать большей, но реальный механизм повышения эффективности использования электроэнергии на предприятии путем воздействия на ПВВ трансформаторов.

Схемы преобразователей для питания вентильно-индукторного двигателя

Александровский С.В.

Белорусский национальный технический университет

Вентильно-индукторные двигатели (ВИД) являются надежными, простыми по конструкции и недорогими электрическими машинами, которые могут наравне конкурировать с асинхронными двигателями и синхронными двигателями с постоянными магнитами. Однополярное питание фазных обмоток ВИД позволяет использовать более дешевые и надежные преобразователи, чем инверторы для машин переменного тока. Однако есть ряд специфических областей, где к электроприводе и к преобразователю в частности, предъявляются высокие требования. Эти требования приводят к усложнению схем преобразователей и как следствие к увеличению стоимости всего электропривода в целом.

Каждый преобразователь для питания ВИД должен обеспечить три этапа цикла коммутации обмотки двигателя. На первом этапе к обмотке прикладывается максимальное напряжение для быстрого увеличения магнитного потока. На втором этапе происходит регулирование напряжения питания с целью поддержания магнитного потока на заданном уровне. На третьем этапе производится отключение обмотки с быстрым гашением магнитного поля для избегания возникновения тормозных моментов.

В настоящее время для коммутации обмоток ВИД разработано и применяется большое количество преобразователей, которые можно разделить на несколько групп. Среди них можно выделить четыре основные группы.

К первой группе относятся полумостовые преобразователи, на основе которых строятся преобразователи других типов.

Ко второй группе относятся преобразователи с емкостным накоплением энергии. Энергия магнитного поля отключаемой обмотки накапливается в виде электрической энергии в дополнительных конденсаторах и используется в дальнейшем для быстрого увеличения тока включаемой обмотки.

К третьей группе относятся преобразователи с дополнительным звеном постоянного тока, в качестве которого используются повышающие преобразователи.

К четвертой группе относятся преобразователи с рассеянием энергии на гасящем сопротивлении.

Выбор типа преобразователя производится в зависимости от числа фаз, номинальной скорости и мощности электродвигателя.

Измерение момента нерегулируемого асинхронного двигателя

Гульков Г.И.

Белорусский национальный технический университет

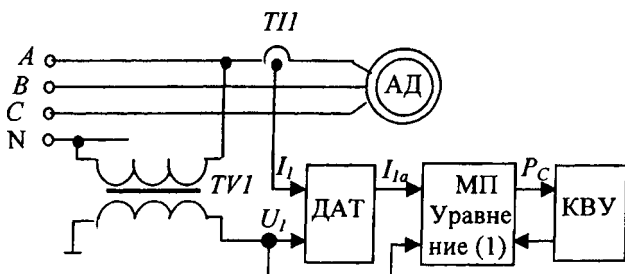
В настоящее время большое число технологических машин приводятся в движение от нерегулируемого асинхронного двигателя.

В некоторых случаях, например в бетоносмесителях, качественные показатели технологического процесса напрямую связаны с моментом двигателя.

На основании схемы замещения асинхронного двигателя 4А225М6УЗ получена зависимость статической мощности P_C на валу двигателя от активной составляющей тока I_{1a} :

$$P_C = 3U_1 I_{1a} - 0,725 I_{1a}^2 - 125 - (3U_1 I_{1axx} - 0,725 I_{1axx}^2 - 125).$$

Из полученного выражения следует, что для определения мощности P_C на валу двигателя и, следовательно, момента необходимо измерить напряжение U_1 и активную составляющую тока I_{1a} в режиме холостого хода, вычислить выражение в скобках и запомнить результат вычисления, измерить ток I_{1a} под нагрузкой и осуществить вычислительную операцию в соответствии с выражением. Функциональная схема устройства вычисления мощности P_C на валу двигателя представлена на рисунке.



Устройство функционирует следующим образом. Датчик активного тока ДАТ осуществляет получение сигнала активного тока I_{1a} по сигналам трансформатора $ТТ$ и трансформатора напряжения $ТВИ$. Микропроцессор $МП$ решает уравнение $P_C = f(U_1, I_{1a})$. Причем, слагаемое в скобках последнего вычисляется по сигналу компьютера верхнего уровня $КВУ$ в режиме холостого хода и запоминается на время технологического цикла. Полученное в результате вычисления значение P_C анализируется $КВУ$ по определенной программе. В результате формируется информация о количестве получаемого продукта.

**Моделирование механической подсистемы лифта скоростью
до 2 м/с лифтах**

Шваяков А.В.

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

Большинство существующих канатных лифтов в Республике Беларусь и республиках бывшего СССР имеют привод с одно – или двухскоростными асинхронными двигателями, специально разработанными для лифтов.

Существует тенденция все более широкого применения в этих лифтах частотно-регулируемого асинхронного электропривода со скалярным и векторным управлением. Стимулом к этому являются возрастающие требования, как по энергосбережению, так и по обеспечению более высокого уровня комфортности поездки в лифте.

Повышение комфортности поездки достигается использованием эталонного сигнала для задания диаграммы движения кабины лифта. При этом создаются условия, при которых в меньшей степени проявляется влияние упругости канатов в механической подсистеме на диаграмму движения кабины лифта.

Для исследования переходных процессов по скорости и ускорению кабины лифта с регулируемым электроприводом необходима разработка математической модели механической подсистемы лифта.

В докладе представлена математическая модель механической подсистемы лифтов с высотой подъема до 75м. Механическая подсистема описывается трехмассовой расчетной схемой, в которой первая масса соответствует канатоведущему шкиву, приводимому в движение асинхронным двигателем, вторая масса – кабина лифта и третья масса противовес.

При исследовании переходных процессов в лифтах наибольший интерес представляют переходные процессы, протекающие со второй массой, т.е. с кабиной. В докладе представлен программно-аппаратный комплекс для исследования переходных процессов по ускорению кабины лифта. Так было разработано устройство, позволяющее измерять линейное ускорение и сохранять его. Сохраненные данные могут быть переданы на персональный компьютер по последовательному интерфейсу для дальнейшей обработки. Отличительными особенностями устройства является определение максимального и минимального ускорения при разгоне и торможении кабины лифта, что особенно важно на этапе наладки электропривода лифта.

О методе создания учебно-методического сайта посредством пула ком серверов

Кочуров В.А., Галко А.В.

Белорусский национальный технический университет

При создании учебно-методического сайта очень важно соблюсти некоторые принципы. Для преподавателей важно обеспечить простой и легкий способ в подготовке материала для сайта и предоставление его через сайт для студентов, а так же обеспечение связи со студентами и интерактивный контроль знаний. Основным недостатком традиционного подхода к созданию web-сайта является ориентация его на статичность информации на сайте, а специфика учебно-методического сайта предполагает частое изменение информации, большим количеством пользователей - преподавателей предметов. Этого можно достичь при использовании для создания и наполнения сайта программы УМИК (учебно-методический интерактивный комплекс). УМИК – программа созданная на кафедре САПР, как универсальное ядро. При получении запроса от браузера web-сервер переправляет, зарос на УМИК, он его обрабатывает его, формирует страницу ответа и возвращает в браузер.

УМИК, в основе которого сервер информационно логических таблиц, позволяет легко редактировать учебный материал, добавляя в него картинки документы и другие данные, а также легко создавать их html представление. Преподаватель может установить программу на своем компьютере и подготовить материал публикации в интернете, посмотреть результаты студентов, их успеваемость. Графический интерфейс программы позволяет легко редактировать материал, не обладая специальными навыками программиста, достаточно квалификации обычного пользователя ПК. После подготовки материала или внесения поправок преподаватель может внести их на сайт. УМИК позволяет преподавателю синхронизировать свои данные на локальном компьютере с данными на сервере по локальной сети или через интернет. Обмен происходит в виде курсоров в двоичном виде через com технологию или в виде XML через SOAP.

Таким образом современные Интернет технологии могут использоваться в сфере образования позволяя преподавателю частично заменить непосредственное общение со студентами, на общение через сайт, что позволит повысить эффективность работы преподавателя, а так же сделает его более доступным для студентов благодаря постоянной связи через web-сайт.

Автоматизация сценария решения задачи на суперкомпьютере

Кочуров В.А., Галко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Необходимость автоматизации управления решением задач на суперкомпьютере возникает по ряду причин:

- процесс создания моделей в пакетах Ansys и LS-prepost выполняется на локальных компьютерах не ограничен по времени и не связан с проблемами передачи данных по сети, в то время как отправка и запуск задачи на Суперкомпьютере выполняются посредством многошагового сценария по подключению к сети и выполнению команд на суперкомпьютере;
- доступ к суперкомпьютеру посредством многошагового алгоритма вызывает психологический барьер у рядовых пользователей, при этом часто возникают ошибки, отличить которые от сбоев связи или ОС достаточно сложно.

Для решения этой задачи потребовалось решить ряд проблем:

- полностью формализовать сценарий подключения к сети, открытия VPN соединения и управления суперкомпьютером;
- разработать программный комплекс реализации этого сценария;
- разработать удобный интерфейс подготовки задачи в автоматизированном режиме;
- разработать WEB интерфейс запуска задачи на выполнение;
- создать систему переадресации с компьютера-сервера на один из рабочих компьютеров центра;
- разработать Веб приложение для выполнения этого сценария посредством Интернет.

В результате разработки ряда программ сложный сценарий был сведён к четырём действиям:

- запустить указанную задачу на решение;
- просмотреть состояние решения;
- получить результаты;
- смотреть результаты.

Посредством разработанного программного комплекса создана возможность решать задачи на суперкомпьютере не только из специальной учебной лаборатории, компьютеры которой подключены к «СКИФу», но и посредством любого компьютера, включённого в сеть Интернет.

Использование конечно-элементного моделирования для анализа проектов машиностроительных конструкций

Напрасников В.В., Бородуля А.В., Абдалла Вильям Рауфович, Алиреза Зохури, Алаа Аббас

Белорусский национальный технический университет

Представлены конечно-элементные модели для вариантных расчетов следующих систем:

- телескопической стрелы подъемного крана,
- фасадного остекления,
- секции башенного крана.

При этом для конструкции секции башенного подъемного крана рассчитаны перемещения, напряжения, формы потери устойчивости и коэффициенты запаса по устойчивости для первых трех форм, возникающие в элементах конструкции при действующих рабочих нагрузках. Условия прочности жесткости и устойчивости конструкции выполняются. Анализ главных напряжений показывает, что превалирующими в материале стоек являются сжимающие напряжения, их значения достигают $0.11903E+09$ Па. Максимальные напряжения по теории прочности Мизеса на конечных элементах на перемычках составляют около $0.14380E+08$ Па, минимальное напряжение по теории прочности Мизеса на конечных элементах на перемычках на два порядка ниже, что существенно ниже допустимых для данного материала $2.4E+08$ Па. Для фасадного остекления при одном и том же суммарном расходе стекла применение стеклопакетов позволяет значительно снизить потери тепла в помещении и повысить его шумоизоляцию, деформации стеклопакета при динамических нагрузках значительно меньше, чем у листового стекла, стеклопакет лучше переносит ударные нагрузки по сравнению с листовым стеклом.

Для конструкции телескопической стрелы подъемного крана построена модель с учетом контакта между секциями стрелы. Контакт реализован путем совмещения перемещений внутренней и внешней секций стрелы по поступательным степеням свободы.

Максимальные перемещения являются допустимыми. Напряжения в наиболее нагруженном сечении незначительно превышают предел текучести материала (сталь 10ХСНД), и для использования стрелы при рассматриваемых нагрузках ее конструкция нуждается в усилении. Модель позволяет выполнить поиск рациональных параметров за счет оптимизации.

Оптимизационные расчеты несущей балки сортировочного транспортера на основе конечно-элементной модели

Бородуля А.В., Рами Закария, Напрасников В.В.
Белорусский национальный технический университет

Для конструкции балки сортировочного транспортера выполнены расчеты прочности и жесткости конструкции, поставлена оптимизационная задача, подготовлен командный файл для оптимизационной модели и на его основе выполнен поиск оптимальных параметров конструкции.

При этом установлено, что условия прочности, жесткости и устойчивости конструкции выполняются. Это дает возможность поиска более рационального варианта конструкции.

Задача оптимизации поставлена следующим образом:

Целевая функция – объем изделия V ,

$$V \xrightarrow{H1, \in R_{H1}, B1 \in R_{B1}} \min$$

Варьируемые параметры – высота $H1$ и ширина $B1$ балки транспортера.

Параметрические ограничения:

$$H1_{\min} < H1 < H1_{\max}$$

$$B1_{\min} < B1 < B1_{\max}$$

Функциональные ограничения:

Модуль максимального напряжения не должен превосходить предела текучести материала (условие прочности)

$$|\sigma_{\max}| < \sigma_{\text{тек}}$$

Модуль максимального прогиба балки не должен превосходить заданной величины (условие жесткости)

$$|U_{\max}| < U_{\text{допустимое}}$$

Оптимальное решение достигнуто за 18 итераций. При этом наилучшие значения варьируемых параметров оказались

$$B1 = 0.0355 \text{ м} \quad H1 = 0.0626 \text{ м}.$$

Площадь сечения уменьшилась до $0.22E-02$ м.кв. против $0.32E-02$ м.кв. в исходном варианте.

Информационные технологии как средство изучения английского языка

Талледо Каноба Виктор Омар, Пекарчик С.Е.
Белорусский национальный технический университет

Проблема текущего контроля самостоятельной работы студентов БНТУ может решаться с помощью компьютерных технологий и соответствующего программного обеспечения.

Изучение любого иностранного языка и, в частности, английского, требует большого терпения и подразумевает самостоятельную работу. Кроме того, любой процесс изучения должен сопровождаться контролем знаний, будь то самостоятельная проверка знаний или централизованная сдача тестов или экзаменов. Разнообразить процесс обучения, сделать его более информативным и интересным, а также упростить средства контроля знаний призваны современные компьютерные технологии и специальное программное обеспечение.

Важнейшим условием эффективности самостоятельной работы и её контроля является разработка комплекса методического обеспечения. Важной составляющей такого комплекса являются интерактивные и мультимедийные средства. В частности, к ним можно отнести электронный ресурс, созданный на базе пособия по английскому языку «Развитие вакуумной техники» для студентов специальности 1-36 20 04, который предлагает самостоятельное изучение как пройденного, так и нового материала. Ресурс содержит упражнения по истории развития вакуумной техники, принципам работы, классификации и областям применения вакуумных насосов и компрессорного оборудования. Материал поделен на уровни, каждый из которых посвящен определенной теме. Уровни выстраиваются из упражнений, состав и содержание которых могут изменяться. По мере увеличения уровней происходит усложнение материала. При выполнении упражнений исключается возврат пользователя к предыдущим уровням, если они были пройдены. Система предусматривает оценку знаний. Упражнения оцениваются по 0,1 балла. Баллы суммируются по упражнениям. По всем зарегистрированным пользователям создается итоговая таблица, формирующая рейтинг пользователей по итогам выполнения упражнений. Эффективность работы может проявить себя по-разному в зависимости от подхода к проведению контроля, который может выполняться как непосредственно самим преподавателем путем определения сложности и количества текстов для контроля знаний, так и предоставлением наибольшей самостоятельности студенту.

**Обработка данных ультразвуковой дефектоскопии
железобетонных конструкций**

Кренев А.В., Василевский А.В.

Белорусский национальный технический университет

Определение прочности железобетонных конструкций выполняется в настоящее время с помощью автоматизированной аппаратуры ультразвуковой дефектоскопии. Встроенные в такую аппаратуру компьютеры выполняют необходимые расчеты на основании измеренных с помощью ультразвука величин и выдают величину прочности железобетона. Эти величины представляют собой главным образом время прохождения ультразвуковой волны через железобетонную конструкцию при сквозном, либо поверхностном прозвучивании и толщину бетона. Основная идея состоит в том, что скорость распространения ультразвука в бетоне и его прочность связаны однозначной зависимостью, которая на практике называется градуировочной. Она имеет линейный, либо экспоненциальный вид. Для определения градуировочной зависимости специально изготавливают значительное количество контрольных образцов бетона в виде призм, на них проводят измерение скорости ультразвука и опытно определяют их механическую прочность. Затем на строительном объекте измеряют скорость распространения ультразвука в бетоне и по ней делают вывод о прочности. Производятся десятки замеров и большой объем вычислений, что требует значительного быстрогодействия аппаратуры. Однако высокая стоимость такой аппаратуры делает ее недоступной для большинства строительных организаций.

В то же самое время имеется немало старого ультразвукового оборудования без автоматического выполнения расчетов, что существенно замедляет его работу. Поэтому актуальной задачей является разработка компьютерной программы расчета прочности железобетонной конструкции по данным, полученным с помощью старого ультразвукового оборудования. Такое оборудование можно также модернизировать, добавив к нему микрокомпьютер с указанной расчетной программой и некоторыми дополнительными программами для управления замерами. Данный доклад посвящен разработке указанной расчетной программы. Ее алгоритмическая основа – ГОСТ 17624 – 87, который на данный момент вполне актуален и достаточно полно описывает решение задачи. Программа разработана на языке Java. Она не требует значительных вычислительных ресурсов и может выполняться на обычном персональном компьютере, на котором установлена java machine.

Функционально-стоимостный анализ изделий

Кириченко В.В., Василевский А.В.

Белорусский национальный технический университет

Функционально-стоимостный анализ (ФСА) – методология непрерывного совершенствования продукции, производственных технологий, организационных структур.

Этапы ФСА, их результаты (на примере шариковой ручки)

1. Компонентный анализ (список элементов). Результат: Компонентная модель объекта ФСА; список известных ранее недостатков и проблем для каждого отдельного элемента объекта ФСА



2. Структурный анализ. Результат: структурная модель объекта ФСА (приведенная табл. связей); список вредных связей между элементами объекта ФСА (табл. связей и нежелат. эффектов); список нежелат. эффектов, вызванных вредными связями (та же таблица); предварит. предложения по устранению нежелат. эффектов.

	н	рж	рж	сте	рж	сак	рж	лп	л
Чернила		+		+					
Наконечник стержня	+						+		
Стержень	+	+						+	+
Резиновая насадка							+		
Стержень ручки		+				+		+	+
Кнопочек		+		+					
Защелка				+			+		

3. Функциональный анализ. Результат: функциональная модель объекта ФСА (приведенная табл.); список вредных функций элементов объекта ФСА (табл.); предв. предложения

Элемент	Функция
Шариковая ручка	Оставлять след
Чернила	Окрашивать бумагу
Наконечник стержня	Дозировать чернила
Стержень	Удерживать чернила
Резиновая насадка	Фиксирует пальцы
Стержень ручки	Удерживать стержень
Кнопочек	Защищать стержень
Защелка	Закрыть корпус ручки

по устранению вредных функций (перечень).

5. Диагностический анализ (проводится при полном анализе).

Результат: список элементов с высокой степенью бесполезности; список элементов с высоким уровнем затрат; предварительные предложения по улучшению неблагоприятных элементов ФСА.

Было элем.	Стало элем.
7	3

6. Функционально-идеальное моделирование. Результат: модель идеального объекта ФСА и итоговая таблица (приведена справа).

Управление финансовыми потоками на предприятии

Гунева Е.Г., Придухо В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Для того чтобы предприятие имело перспективы развития и оставалось конкурентоспособным, необходимо чтобы все его процессы были оптимальными. В данной работе рассматривается оптимизация движения оборотного капитала. На предприятии целесообразно выделение так называемых бизнес - единиц, в которых осуществляется полный цикл оборота денег.

Основное внимание уделено разработке алгоритма, позволяющего оптимизировать финансовые потоки производственного предприятия. Процесс оптимизации основан на математической модели движения оборотного капитала, которая учитывает наиболее характерные закономерности, определяющие структуру и динамику оборотного капитала. Под оптимизацией финансовых потоков понимается задача распределения платежных средств предприятия в динамике с целью повышения финансово-экономической эффективности.

В первой части работы построена сравнительно простая математическая модель движения оборотного капитала, исследованы и описаны свойства модели. Основными компонентами оборотного капитала приняты денежные средства, сырье, незавершенное производство, готовая продукция, отгруженная продукция без оплаты (или дебиторская задолженность).

Во второй части работы предложена математическая модель детализирована путем введения дополнительных параметров. Каждый элемент оборотного капитала разделяется на рабочую область и буфер. Первый алгоритм оптимизации движения оборотного капитала условно назван «безбуферной» технологией. Как следует из названия, суть данного алгоритма - формирование такого графика платежей, при котором значение буферов каждого элемента оборотного капитала равно 0. В случае изменяющихся во времени ограничений по величине потоков представляется целесообразным применение второго алгоритма с использованием буферов элементов с целью максимальной загрузки каналов. В отдельных случаях это позволяет увеличить количество капитала, проходящего через бизнес-единицу и, следовательно, увеличить количество прибыли.

В третьей предложена программная реализация алгоритма максимальной загрузки каналов с использованием буферов.

Многокритериальная параметрическая оптимизация АСКУЭ

Зеленовский А.А., Некрасов В.В., Пацей Н.Е.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время актуальным является вопрос создания средств автоматизации проектирования систем сбора данных, являющихся основой для создания автоматизированных систем коммерческого учета энергоресурсов (АСКУЭ) в связи с их широким внедрением с целью контроля и учета расхода энергоресурсов, выявления способов их экономии. Ввиду стандартности компонент и возможности их структурированного описания, возможна автоматизация решения задачи проектирования таких систем, что позволит создавать системы, которые удовлетворяют ограниченному множеству критериев.

Поставлена задача параметрической оптимизации распределенной иерархической трехуровневой (точки учета, устройства сбора и передачи данных, сервер сбора данных) системы сбора данных, решением которой является набор компонент, выбранных из множества доступных, на основе которых возможно создание системы сбора данных с заданными функциональными возможностями. В качестве критериев оптимальности взяты стоимость системы, ее надежность при данных компонентах и ее отказоустойчивость.

Для решения задачи используется метод исследования пространства оптимизируемых параметров. Метод заключается в генерации множества проектных решений и формировании на его основе множества Парето. Отличительная черта метода – систематический просмотр многомерной области проектных решений и принятие решения в режиме диалога проектировщика с ЭВМ, что позволяет оперировать привычными для проектировщика величинами, видя, какой выигрыш по одним критериям могут дать уступки по другим. Для принятия окончательного решения используются адаптивный критерий, составленный на основании математического описания критериев надежности, экономичности и отказоустойчивости проектируемой системы. После окончательного выбора компонент для всех узлов системы возможна принудительная замена отдельных из них в случае структурных и параметрических особенностей проектируемой системы, при этом оценивается проигрыш или выигрыш по оцениваемым критериям.

Проведенные эксперименты показали, что даже при небольшом числе узлов первого и второго уровня можно получить улучшение одних критериев без ухудшения или при приемлемом ухудшении других.

Поиск ассоциативных правил при анализе баз данных

Ильенков В.И., Ковтун М.А., Придухо В.Т.

Белорусский национальный технический университет

Поиск ассоциативных правил является одним из методов решения задачи классификации с целью определения часто встречающихся наборов объектов при наличии существенного множества таких наборов. При анализе этих данных важно получить информацию о том, какие объекты взаимодействуют вместе, в какие периоды времени и в какой последовательности. Наиболее известным алгоритмом для решения этих задач является алгоритм Apriori. В тоже время реализация алгоритма должна предусматривать хранение и анализ данных из разных источников – текстового, xml, MSSQL Server и др. Исходя из этого для поиска правил выбираем для реализации алгоритм Apriori с проведением его модификации, чтобы реализовать возможность анализа данных из разных источников.

На первом шаге алгоритма подсчитываются одноэлементные часто встречающиеся наборы. Для этого необходимо пройтись по всему набору данных и подсчитать для них поддержку, т.е. сколько раз набор встречается в базе. Следующие шаги состоят из двух частей: генерации потенциально часто встречающихся наборов элементов (их называют кандидатами) и подсчета поддержки для кандидатов.

Приложение было протестировано на примере анализа базы данных магазина подарков, имеющей более 15000 транзакций. Выявленные закономерности представлялись в виде правил «если,... то». Для каждого правила определялись и отображались такие параметры, как поддержка и достоверность. В докладе проведено сравнение разработанной программы и MS SQL Server – реализацией от Microsoft, который содержит набор служб Analysis Service, реализующие различные алгоритмы DataMining, в том числе и поиск ассоциативных правил.

Табличная визуализация от Microsoft, практически аналогична визуализации в разработанном приложении, результаты почти полностью совпадают.

Визуализация от MS SQL Server выглядит красиво, но она менее информативна, чем представление в виде дерева в приложении. В нем в дополнение к интуитивно понятному представлению, присутствуют еще и цифры (достоверность, поддержка), позволяющие легко сориентироваться и принять правильное решение, без дополнительных просмотров табличных данных.

Разработка подсистемы представления данных об археологических раскопках

Ковалева И.Л., Тойберман П.В.

Белорусский национальный технический университет

Задача структуризации археологических данных с целью поиска и анализа информации существовала с момента появления археологии как науки. Современные информационные системы позволяют оперировать большими объемами информации, вести поиск и сортировать данные по большому количеству критериев. Поэтому разработка подсистемы хранения и анализа данных об археологических раскопках для Института истории НАН РБ является перспективным направлением.

Данные об археологических раскопках хранятся в Институте в виде схем и таблиц (схема дневной поверхности, схема поверхности после раскопок, таблица данных о находках). На схемах вся площадь, где проводятся раскопки, разбита на одинаковые квадраты, на которых имеются изображения ям, находок и глубин. Количество квадратов может быть разным, как и масштаб, который, по сути, является размером стороны квадрата в метрах.

Целью разработки подсистемы является формирование базы данных об археологических раскопках. Для достижения поставленной цели необходимо разработать компоненты, обеспечивающие:

- ввод графической информации пользователем, предусматривающий автоматическое формирование схем археологических раскопок с нанесением на них данных о находках, глубинах и ямах;
- распознавание изображений схем археологических раскопок, включающее предварительную обработку изображений существующих схем (поворот изображений, бинаризацию, фильтрацию, определение контуров объектов и утоньшение), сегментацию квадратов, цифр, ям, указателей глубин, обозначений квадратов и, наконец, распознавание номеров квадратов и находок, а также значений глубин для них;
- представление и хранение полученных данных;
- создание на основе полученных данных двумерных и трехмерных моделей раскопок, списков находок, ям и др.;
- анализ полученных данных.

В настоящее время разработан прототип подсистемы, тестирование которого позволяет с уверенностью говорить о перспективности его развития для дальнейшего объединения с общей системой хранения, обработки и анализа информации, собранной в Институте истории.

Разработка инструмента для автоматизированного тестирования

Байкова М.Н., Ковалева И.Л.

Белорусский национальный технический университет

Тестирование программного обеспечения бывает ручным, когда все действия, связанные с проверкой наличия ошибок, выполняет человек, и автоматизированным, когда действия пользователя имитирует программа. Для автоматизации тестирования существует большое количество инструментов, например: SilkTest, TestComplete, soapUI, Rational Robot и другие.

В процессе использования инструментов для автоматизированного тестирования инженеры по качеству часто сталкиваются с проблемой несоответствия имеющихся функций инструмента и набора функций, который необходим для выполнения тестирования конкретного программного продукта. Несоответствие может выражаться как полным отсутствием необходимых функций, так и наличием их, но не в надлежащем виде. Универсальных инструментов, которые позволяют автоматизировать тестирование всей функциональности любого программного продукта, не существует.

Существует несколько решений данной проблемы. Одним из них является попытка изменить ход тестирования таким образом, чтобы избежать использования отсутствующих функций. Этот путь является не всегда осуществимым и при его реализации на практике приводит к ограничениям в тестировании, что может повлиять на качество тестируемого продукта. Ещё одним решением описанной проблемы является обращение к производителю инструмента для автоматизированного тестирования с просьбой о добавлении необходимых функций, но это влечёт за собой дополнительные материальные расходы.

Так как оба предложенных решения могут быть труднореализуемыми на практике, то зачастую фирмы-производители программного обеспечения прибегают к самостоятельному производству инструментов для автоматизированного тестирования. В процессе самостоятельного создания инструмента для автоматизированного тестирования целесообразно использовать уже известные разработки в этой сфере. Необходимо детально рассмотреть все свойства аналогов и оценить их необходимость в создаваемом инструменте. Для этого можно составить морфологическую таблицу функций рассматриваемых инструментов для автоматизированного тестирования, затем путем применения методов оптимизации выбрать наилучшее решение, учитывая при этом возможность его реализации.

Восстановление данных о границе соленосных слоев на основе алгоритма триангуляции

Филатов М.В., Напрасникова Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе создания конечно-элементной модели сложной геометрической структуры существенные трудности возникают при создании геометрии раздела слоев поверхностей. Эта геометрия должна быть восстановлена по экспериментальным данным пробного бурения. Для решения этого вопроса предлагается следующий подход. Построение геометрии модели осуществляется в несколько этапов и представляет собой последовательный процесс получения промежуточных точек, соединение их кривыми-сплайнами, построение поверхности по сечениям-сплайнам и создание тел по поверхностям. В дальнейшем из соленосного слоя удаляются выработки, размеры которых задаются параметрами.

Для получения промежуточных точек выполняется триангуляция по входным данным. Рассмотрены различные методы триангуляции и структуры хранения соответствующих данных. По критерию простоты реализации и удобства использования данных выбран наилучший из этих методов. В предлагаемом подходе значение глубины в промежуточной точке на сечении восстанавливается с помощью интерполяции по ребру треугольника. В результате получается набор данных для построения сплайна.

Для удаления выработок из соленосного слоя был разработан алгоритм, который анализирует структуру слоя и на основании полученной информации строит скругленные ломаные параллелепипеды.

На основе изложенных алгоритмов формируется оригинальный командный файл, предназначенный для моделирования геометрии в среде ANSYS. Для каждого созданного слоя задаются соответствующие свойства материала, и наносится конечно-элементная сетка.

На первом этапе выполняется расчет напряженно-деформированного состояния без выработок под действием сил гравитации, а затем с вырезанными выработками. Анализ созданной конечно-элементной модели выявляет, что она является весьма большеразмерной, и для проведения вариантовных расчетов необходимо использование мощности суперкомпьютера СКИФ.

**Информационные
технологии
в управлении**

Моделирование граничных режимов работы электронно-механических систем

Икуас Ю.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается задача эксплуатации оборудования электронно-механических систем, подверженных воздействию вибраций в виде случайных ускорений конструкции изделий, что может являться причиной их отказов. Источниками вибраций могут быть работающие силовые установки или внешние кинематические воздействия, например со стороны соответствующих транспортных агрегатов. Экспериментально установлено, что вибрации являются случайным процессом с синусно-косинусной, корреляционная функция.

На основе эргодического свойства рассматриваемого процесса определяется среднее число выбросов процесса за заданный уровень и определяется его математическое ожидание. По среднему числу выбросов на заданном временном интервале определяется интенсивность выбросов процесса, которая является важнейшей характеристикой для вероятностного анализа работоспособности системы. Для гауссова случайного процесса при вычислении интенсивности выбросов в установившемся режиме необходимо экспериментально или аналитически определить его дисперсию и дисперсию скорости изменения.

При достаточно большом значении уровня перехода системы в другое состояние выбросы стационарного процесса становятся редкими явлениями, а интервалы между выбросами будут настолько велики по сравнению с длительностью выбросов, что сечения случайного процесса, разделённые такими интервалами, будут практически независимыми. При таких предположениях закон распределения числа выбросов будет близок к пуассоновскому закону, для которого вероятность заданного числа выбросов или отсутствия выбросов вычисляется по известной формуле, что позволяет оценить вероятностные характеристики случайного процесса, описывающего воздействие вибраций на элемент системы в установившемся режиме и определить допустимый уровень вибраций.

Предлагаемый подход позволяет на основе экспериментально определённых статистических характеристик внешних воздействий в виде вибраций и заданных диапазонов эксплуатационных параметров элементов системы, подверженных воздействию вибраций, определить диапазон работоспособности и вероятностные характеристики безотказной работы системы.

Формирование вектора напряжения в асинхронном электроприводе транспортных средств

Диаб Абдуллах Саид

Белорусский национальный технический университет

При проектировании асинхронного частотного электропривода транспортных средств важным вопросом является формирование вектора питающего двигателя напряжения. Наиболее часто трехфазное напряжение переменной частоты получают путем преобразования напряжения постоянного тока с помощью автономных инверторов напряжения (АИН). Качество выходного напряжения определяется алгоритмом его формирования. Поэтому из всего многообразия способов формирования используется тот, который максимально удовлетворяет следующим требованиям: максимальное использование напряжения источника питания; синтез напряжения, максимально-приближенного к синусоидальному; минимальные пульсации тока и электромагнитного момента двигателя. Кроме того, необходимо учесть условия эксплуатации электропривода, которые даже в условиях постоянного контроля могут оказать существенное влияние на работу системы.

В течение длительного времени предпочтительными считались алгоритмы широтно-импульсной синусоидальной (ШИМС), треугольной (ШИМТ) и прямоугольной (ШИМП) модуляции. Эти алгоритмы позволяют решать широкий круг задач как по формированию вектора напряжения, так и по обеспечению высоких требований к качеству переходных процессов систем управления транспортных средств, в состав которых входит рассматриваемый асинхронный электропривод.

Следующим шагом совершенствования алгоритма формирования выходного напряжения являются многоуровневые инверторы напряжения (МАИН), который получают питание от более чем одного источника постоянного напряжения. Это позволяет получить три и более уровней выходного напряжения, которое является лучшей аппроксимацией и обеспечивает низкое содержание высших гармоник.

Однако следует учесть, что необходимый уровень напряжения в заданных условиях эксплуатации транспортного средства обеспечивается увеличением числа полупроводниковых ключей. Трехуровневый инвертор, например, имеет 12 полупроводниковых ключей (вместо 6 в двухуровневом АИН), что обеспечивает 12-уровневое напряжение (за весь период). Обобщая, всего можно получить $3 \cdot 3 = 27$ различных состояний, возможных в трехфазном трехуровневом АИН.

Петренко Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Крановые установки являются одними из самых распространенных во многих отраслях народного хозяйства. Производительность кранов часто определяет эффективность работы всего комплекса. Одной из проблем, возникающих при работе крана, является раскачивание груза при доставке его в требуемые координаты. В ряде источников отмечается, что при неудовлетворительном решении этой проблемы при управлении оператором снижение производительности достигает 20%. Существует несколько подходов для решения задачи бесколебательного управления, среди которых можно выделить: 1) традиционные (классические) и 2) современные, основанные на микропроцессорной технике. К первой группе относятся системы подчиненного регулирования координат электропривода и методы релейного управления, так называемые "банг-банг" режимы.

Основой бесколебательного управления является применение регулируемого в широком диапазоне электропривода и измерение текущих координат рабочего органа, которым в рассматриваемом случае является тележка мостового крана с подвешенным грузом. Независимо от способа управления необходимо формирование ускорения электропривода.

Современные микропроцессорные средства позволяют реализовать управление на основе нечеткой логики и генетических алгоритмов [1]. При проектировании контроллера управления движением на основе нечеткой логики (КНЛ) возникает две проблемы: 1) выбор структуры обучения КНЛ, и 2) определение численных значений параметров КНЛ. Для решения этих задач может быть успешно применен генетический алгоритм (ГА), как для проектирования КНЛ так и настройки его параметров. Фактически ГА используется для нахождения базы нечетких правил управления, которые проверяются на оптимальность путем определения их функцией пригодности согласно необходимым особенностям.

Литература

1 Алави, С. Энаятollah. Контроллер нечеткой логики на основе генетических алгоритмов для электропривода тележки мостового крана/ Алави С. Энаятollah, Ю.Н.Петренко // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и шкрг. Объединений СНГ).-2009.-;№2.-С.17-22.

**Об одной модели формирования ключевой информации
для перспективных информационных технологий**

Голиков В.Ф., Абдольванд Ф.

Белорусский национальный технический университет

Одной из главных проблем, которую необходимо решать для достижения правильного функционирования симметричной криптосистемы, это проблема обеспечения абонентов системы общим секретным ключом. Эта проблема в настоящее время решается с использованием алгоритма открытого распределения ключей Диффи-Хеллмана. Однако в последние годы бурное развитие физики, электроники, математики и информатики сделало вполне реальным появление квантового компьютера одним из возможных применений которого является «взлом» традиционных односторонних функций с последующим вычислением общего ключа, формируемого по схеме Диффи-Хеллмана. Представляет интерес обобщение формулировки задачи формирования общего ключа с учетом известных фундаментальных закономерностей теории информации. Пусть два абонента А и В хотят иметь одинаковую случайную равновероятную бинарную последовательность (СРБП) известную только им, не используя при этом защищенного канала связи. В качестве меры секретности СРБП можно использовать ее энтропию $H(K)=n$, где n -длина последовательности K . На первом этапе каждый абонент независимо друг от друга формирует секретное число: X_A, X_B . На втором этапе абоненты обмениваются некоторой информацией, прямо или косвенно связанной с их секретными числами. Задача этого этапа на основании полученной информации сформировать каждым абонентом одинаковую СРБП. В ходе процесса обмена согласующей информацией третий абонент C , подключившись к открытому каналу связи, может получить некоторую информацию о сформированном общем ключе. Количество этой информации зависит от связности согласующей информации с секретными числами. Исходя из такой постановки задачи, в докладе рассматриваются альтернативные способы распределения ключевой информации: использование квантового канала, использование нейронных сетей, использование аномальных статистических эффектов. Последний способ включает многократное генерирование пар начальных случайных последовательностей, оборот из них пар, отличающихся не более чем на 30%, эффективную процедуру устранения несовпадений, повышение конфиденциальности сформированного ключа.

Моделирование процесса идентификации бинарных последовательностей по выборкам ограниченного объема

Абдольванд Ф., Голиков В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

При решении некоторых задач криптографической защиты информации возникает необходимость оценивать степень близости двоичных последовательностей, сохраняя при этом конфиденциальность последних. Например, при формировании общего ключа симметричной криптосистемы с использованием квантового канала передачи информации после окончания сеанса передачи одиночных поляризованных фотонов от абонента А к абоненту В и удаления из ключевой последовательности бит, принятых в несогласованных базисах, оставшаяся часть последовательности (сырой ключ) проверяется на наличие отличий. Эти отличия носят случайный характер и возникают вследствие шумовых эффектов в канале связи или в результате «прослушивания» квантового канала злоумышленником. В этом случае возникшие отличия можно считать ошибками, считая двоичную последовательность А правильной, а последовательность В искаженной. Необходимость определения уровня ошибок возникает с одной стороны для обнаружения факта «прослушивания» квантового канала, с другой для принятия решения о целесообразности дальнейшей процедуры согласования последовательностей. Действительно, при «прослушивании» канала злоумышленник узнает некоторую часть будущего криптографического ключа, но при этом вносит дополнительные ошибки в передаваемую последовательность. Поэтому при обнаружении факта прослушивания сеанс формирования общего ключа может быть отменен. Кроме того, сеанс формирования общего ключа может закончиться неудачей и при отсутствии прослушивания, если уровень ошибок по естественным причинам достаточно высок. Устранение ошибок (согласование последовательностей) сопровождается уменьшением конфиденциальности общего ключа, которое тем больше, чем больше уровень ошибок.

Предложенный способ идентификации двоичных последовательностей с использованием процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку позволяет достаточно эффективно решать задачу при умеренных потерях конфиденциальности элементов последовательностей и может с успехом использоваться для формирования общего ключа симметричных криптосистем.

Робастность штатного высокоточного привода

Ахмед Н.А.

Белорусский национальный технический университет

Свойство робастности определяет чувствительность качества привода к неизмеримым отклонениям его параметров и характеристик возмущающих воздействий.

Качество привода определяется величиной сигнала рассогласования, если привод построен как замкнутая следящая система с единичной отрицательной обратной связью. При проектировании привода стремятся наделять его требуемой робастностью.

Определенно нестабильными параметрами привода являются функционально необходимые элементы. К ним относятся: коэффициент преобразования усилителя мощности, а также момент инерции нагрузки - объект управления при сложении по углу места (при перемещении объекта слежения в вертикальные плоскости).

Отклонение этих параметров не контролируется, не измеряется в процессе работы привода. Показано, что параметрические отклонения могут быть стационарными или нестационарными, т.е. изменяющимися с течением времени. Изменения коэффициента преобразования усилителя мощности приводит к изменению коэффициента преобразования прямой цепи привода.

Изменение момента инерции нагрузки приводит к изменению механической постоянной времени двигателя привода. В результате изменяется постоянная времени апериодического звена передаточной функции прямой цепи привода. Это влияет на качество переходного режима работы привода (затягиваются переходные процессы), а также изменяется ошибка сложения в установившемся режиме работы.

Таким образом, изменение момента инерции нагрузки привода также является нежелательным.

Показано, что в штатном приводе для обеспечения робастности по коэффициенту преобразования предусмотрена локальная обратная связь по скорости. Она охватывает исполнимые элементы привода. Степень робастности определяется «глубиной» этой обратной связи.

Таким образом, в структуре штатного привода робастность носит частный характер только по отношению к коэффициенту преобразования прямой цепи. Следовательно, актуальной является задача роботизации привода по отношению к другим изменяющимся параметрам и характеристикам возмущений, в том числе нестационарного характера.

**Аналитическое исследование точности инерциальной системы
беспилотного летательного аппарата**

Лобатый А.А., Яцына Ю.Ф., Белекало И.И.
Военная академия Республики Беларусь

При управлении движением беспилотного летательного аппарата (БЛА) может возникнуть задача сближения его с движущимся объектом (ДО). При отсутствии управляющих сигналов с наземного пункта управления для вычисления текущих координат и ориентации БЛА используется бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС).

Алгоритмы БИНС можно условно разделить на алгоритмы навигации, определяющие линейное положение и скорость БЛА относительно инерциальной системы координат (или относительно ДО), и алгоритмы ориентации, определяющие угловое положение БЛА в инерциальной системе координат. Матрицы преобразования координат при решении таких задач представляются в кватернионной форме с помощью параметров Родрига-Гамильтона, которые дают удобный аппарат для исследования кинематики движения твердого тела.

Исследование точности БИНС удобно проводить с помощью так называемых уравнений в вариациях, представляющих собой линеаризованные уравнения первого приближения относительно входных ошибок системы. Отсутствие существенных нелинейностей позволяет провести линеаризацию системы кинематических уравнений разложением в ряд Тейлора относительно опорной траектории. Коэффициенты линеаризованных уравнений являются функциями истинных значений кинематических параметров (параметров опорной траектории), входящих в систему, а поэтому являются переменными по времени. Следовательно, систему уравнений ошибок необходимо решать совместно с уравнениями опорной траектории.

В качестве критерия для оценки точности БИНС целесообразно принять вариацию, определяющую ошибку углового целеуказания сенсорному устройству БЛА, определяющему угловую ориентацию БЛА относительно ДО. Сравнение результатов аналитического моделирования с результатами, полученными методом статистических испытаний показало, что расхождение между ними не превышает 3%. При этом аналитическое исследование точности позволяет определить взаимную корреляцию ошибок определения параметров, характеризующих пространственное перемещение БЛА относительно ДО.

Развитие организационных структур управления предприятием, корпорацией

Кайдашов Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Научно обоснованное формирование организационных структур управления – актуальная задача современного этапа адаптации хозяйствующих субъектов к рыночной экономике. В новых условиях необходимо широко использовать принципы и методы проектирования организации управления на основе системного подхода. В процессе управления происходит делегирование прав и обязанностей для организации взаимодействия различных органов управления и распределение задач, решаемых различными работниками.

Руководители должны передавать сотрудникам свои права и обязанности, иначе требуемая работа просто не будет выполнена. Поэтому организация работ – это функция, которую должны осуществлять все руководители – независимо от их ранга. Однако, хотя смысл этой концепции состоит в делегировании прав и обязанностей для разделения труда по горизонтали и вертикали, решение о выборе структуры организации в целом почти всегда принимается руководством высшего звена. Руководители низового и среднего звеньев лишь помогают ему, предоставляя необходимую информацию, а в более крупных организациях и предлагая структуру подчиненных им подразделений, соответствующую общей структуре организации, выбранной высшим руководством.

В широком смысле задача менеджеров при этом состоит в том, чтобы выбрать ту структуру, которая лучше всего отвечает целям и задачам организации, а также воздействующим на нее внутренним и внешним факторам.

«Наилучшая» структура – это та, которая наилучшим образом позволяет организации эффективно взаимодействовать с внешней средой, продуктивно и целесообразно распределять и направлять усилия своих сотрудников и, таким образом, удовлетворять потребности клиентов и достигать своих целей с высокой эффективностью.

Ситуация как в производстве, так и на предприятиях в целом показывает, что взаимосвязанная работа служб снабжения, производства и сбыта пока не налажена и не организована. Для её организации необходимо использовать научный подход, основанный на использовании современных информационных систем и технологий.

Моделирование в среде Matlab-Simulink беспилотного летательного аппарата

Бессмертный Д.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время существует довольно большое количество различных типов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые различаются как по массогабаритным характеристикам, так и по номенклатуре выполняемых задач. Соответственно различаются и схемы построения систем управления этими аппаратами. Принципы построения систем управления БЛА зависят от его предназначения. Если стоит задача наведения БЛА в заданную точку, то необходимо рассматривать один из методов самонаведения БЛА на цель. Второй распространённой задачей наведения БЛА является его полет по заданному маршруту. В этом случае в качестве параметра управления рассматривается величина отклонения фактической траектории от заданной.

Математическое моделирование процесса наведения БЛА осуществляется на основе среды Matlab. При этом используются основные функции Simulink. Алгоритмическая среда Matlab-Simulink позволяет упростить процесс составление программ, имея широкий диапазон возможностей представление результатов моделирования. Среда Matlab позволяет в реальном времени исследовать траекторию полета, а так же процесс изменения параметров наведение с учетом случайных воздействий и помех.

Программа состоит из функционально связанных между собой блоков, моделирующих отдельные системы БЛА и математические зависимости, описывающие движение БЛА. При этом имеется возможность получать временные зависимости изменения любых параметров и графически показывать траекторию полета. Основными функциональными блоками программы моделирования наведения БЛА являются следующие блоки: модель траектории полёта, модель движение БЛА относительно центра, модель системы управления.

Результаты исследований процесса наведения БЛА в различных условиях применения при воздействии внешних случайных возмущений показали удобство и преимущества по сравнению с другими программными средствами использования алгоритмической среды Matlab-Simulink для имитационного моделирования динамических стохастических систем, к которым относится БЛА.

Идентификация состояния системы фазового управления

Лобатый А.А., Почебут М.В.

Белорусский национальный технический университет

Широкое распространение в различных областях автоматики, радиотехники и связи получили автоматические системы с фазовым управлением (СФУ), сигнал ошибки в которых формируется на основе сравнения фаз входного и выходного сигналов. Исследованию СФУ посвящен ряд работ, в которых рассматриваются вопросы анализа и синтеза, оценки точности и устойчивости. Зачастую СФУ должны функционировать в самых разнообразных условиях, когда свойства объектов управления не только не известны, но и не могут быть предварительно определены. В этом случае прибегают к построению адаптивных систем, способных самостоятельно в процессе функционирования разрешать неопределенность, получать дополнительную информацию и изменять свои свойства и параметры. Важнейшим этапом при построении адаптивных систем является идентификация состояния СФУ

Так как СФУ в общем случае подвержена случайным воздействиям, то при неполной структурной адекватности модели и объекта, при сильном отличии в начальных значениях параметров объекта возможно существование множества экстремумов целевой функции по настраиваемым параметрам. Следовательно, беспрепятственный алгоритм идентификации может оказаться неработоспособным. В этих условиях применим поисковый алгоритм идентификации СФУ с активным поиском и испытаниями адаптивной модели по параметрическим каналам на основе измерений входных и выходных сигналов СФУ. При этом учитываются границы работоспособности системы. Задачей алгоритма поисковой настройки является изменение параметров модели СФУ таким образом, чтобы минимизировать целевую функцию невязки. Наиболее перспективной является концепция создания адаптивных систем управления, основанных на сочетании устройств или алгоритмов идентификации динамических характеристик (в частности, параметров) управляемого объекта, оценивания его состояния и внешних воздействий с настраиваемым фильтром и регулятором. Системы, построенные на основе этой концепции, позволяют максимально использовать априорную и получаемую в процессе функционирования информацию о структуре и параметрах объекта, в частности СФУ.

Моделирование систем фазового управления в среде Mathcad

Почебут М.В.

Белорусский государственный университет информатики
и радиозлектроники

Системы с фазовым управлением (СФУ) получили широкое развитие в различных областях автоматики, радиотехнике и связи. Наиболее распространёнными СФУ являются системы автоматической автоподстройки частоты, представляющие собой разновидность систем синхронизации. Одним из направлений оптимизации СФУ является задача оптимального оценивания (фильтрации) фазовых координат на основе использования результатов измерений и априорной информации о математической модели оцениваемого процесса.

Построение моделей процедура неформальная и очень сильно зависит от опыта исследователя, всегда опирается на определённый опытный материал. Модель должна правильно отражать явления, однако этого мало - она должна быть удобной для использования. Поэтому степень детализации модели, форма её представления зависят от исследования. В этом случае исследователь должен сосредоточиться на сущности самой задачи, а не способах ее программной реализации. В свою очередь пользователь должен ясно представлять возможности используемого программного пакета и заложенных в нем методов, а также уметь выбрать необходимый пакет, соответствующий решаемой задаче. Все этапы создания и использования математической модели легко проследить при работе с пакетом MATHCAD. Это универсальный математический пакет, предназначенный для выполнения инженерных и научных расчетов. Математическое обеспечение пакета позволяет решать многие задачи моделирования СФУ.

Основное преимущество пакета – естественный математический язык, на котором формулируется решаемая задача. Пакет объединяет в себе: редактор математических формул, интерпретатор для вычислений, библиотеку математических функций, процессор символьных преобразований, текстовый редактор, графические средства представления результатов.

К положительным качествам MATHCAD следует отнести открытость - все приведенное в документе может быть воспроизведено, а интеграция в одном документе исходных данных, метода решения и результатов позволяет сохранить настройки для решения подобных задач, что особенно важно при решении задач оптимизации СФУ, когда необходимый результат достигается после многократных решений.

Оценка состояния системы фазового управления

Саид Ж.М.

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

На основе теории марковских процессов случайной структуры решается задача определения вероятности работоспособного состояния системы фазового управления (СФУ) по результатам измерений при наличии случайных возмущений. Математическая модель системы представляется стохастическим уравнением в форме Ланжевена. При этом измеритель системы считается безынерционным, а ошибка, с которой он производит измерения, представляется в виде гауссова шума. Характеристики шумов системы и измерителя считаются заданными.

На основе использования обобщённого уравнения Стратоновича-Кушнера для апостериорной плотности вероятности распределения фазовых координат системы разработана методика вероятностного анализа СФУ. В соответствии с этой методикой производится вычисление оценок вероятностей нахождения системы в заданной области фазового пространства и оценок вероятностей перехода данной системы в другую область (область срыва или область захвата в зависимости от рассматриваемой задачи) фазового пространства в течение заданного времени, характеризующего инерционность системы. Вычисление искомых вероятностей срыва синхронизма или захвата сигнала поисковой системой СФУ производится по полученным рекуррентным формулам.

Вычисление апостериорных оценок компонент вектора математического ожидания и матрицы корреляционных моментов наблюдаемой СФУ основано на применении теории оптимального оценивания. В отличие от результатов применения классических методов оценивания, в данном случае оценки вычисляются с учётом возможного поглощения фазовых координат на границе заданной области, характеризующей работоспособности системы. При этом алгоритмы оценивания должны реализовываться одновременно с алгоритмами вероятностного анализа наблюдаемой СФУ.

Разработан алгоритм приближенного решения задачи вероятностного анализа наблюдаемой СФУ, основанные на гауссовой и усеченной гауссовой аппроксимации плотности вероятности распределения фазовых координат СФУ в области её работоспособности. Проведено математическое моделирование СФУ на основе разработанной методики вероятностного анализа.

Перспективы использования солнечной энергии в условиях Ливии

Треш Абдунасер Мухаммед

Белорусский национальный технический университет

Загрязнение окружающей среды продуктами сгорания ископаемых источников, в первую очередь угля и ядерного топлива, является причиной ухудшения экологической обстановки на Земле. Нарушения энергодолговесия в таких масштабах может дать необратимые опасные изменения климата. Эти обстоятельства определяют возрастающую роль возобновляемых источников энергии, широкое использование которых не ведет к нарушению экологического баланса Земли.

Из сказанного выше следует вывод о перспективности фотоэлектрической солнечной энергетики. Солнечное излучение является практически неисчерпаемым источником энергии.

Гелиоустановку на кремниевых фотопреобразователях, чаще всего мощностью 1...2 кВт, монтируют на крышах и фасадах зданий. Она занимает примерно 20...30 квадратных метров. Такая установка вырабатывает в год в среднем 2000 кВтч электроэнергии, что достаточно для обеспечения бытовых нужд среднего швейцарского дома и зарядки бортовых аккумуляторов электромобиля. Дневной избыток энергии в летнюю пору направляют в электрическую сеть общего пользования. Зимой же, особенно в ночные часы, энергия может быть бесплатно возвращена владельцу гелиоустановки.

Крупные фирмы монтируют на крышах производственных корпусов гелиостанции мощностью до 300 кВт. Одна такая станция может покрыть потребности предприятия в энергии на 50...70%. В районах высокогорья, где нерентабельно прокладывать линии электропередач, строятся автономные гелиоустановки с аккумуляторами, принцип работы которых основан на современных технологиях, позволяющих достичь высокой эффективности работы.

Интенсивность солнечного света на уровне моря в условиях Ливии составляет 1...3 кВт на квадратный метр. КПД лучших солнечных батарей составляет 12...18%. С учетом КПД преобразование энергии солнечных лучей с помощью фотопреобразователей позволяет получить с одного квадратного метра не более 0,5 кВт мощности. Сказанное говорит о перспективности, в особенности для удаленных населенных пунктов, разработки технологии и устройств для использования солнечной энергии в Ливии.

Анализ динамики приводов движения мостового крана с учетом раскачивания груза

Кузнецов А.П., Шмарловский А.С.

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники

Подъемные краны широко используются для загрузки/разгрузки разнообразных материалов в верфях, складах и в портах, а также для транспортировки грузов на промышленных заводах, ядерных установках и при высотном строительстве. Для перемещения тяжелых грузов чаще используются мостовые краны, так как они обладают высоким сопротивлением скручиванию. Большое количество промышленных мостовых кранов может перемещать груз с тремя степенями свободы, достигаемых перемещением тележки в продольном направлении, перемещением мостовой части крана в поперечном направлении и изменением длины подвеса груза.

Используя уравнения Эйлера–Лагранжа второго рода, были получены математические модели мостовых кранов как для случая движения груза в одном направлении при неизменной длине подвеса, так и при перемещении груза в двух- и трехмерном пространстве. Проведена линеаризация полученных математических моделей путём разложения дифференцируемых функций в ряд. При наличии в математической модели исследуемой стохастической системы недифференцируемых существенных нелинейностей используется метод статистической линеаризации.

Анализ полученных математических моделей позволяет сделать следующие выводы. Динамическое поведение подъемного крана имеет нелинейные особенности. Мостовой кран в общем случае представляет собой нестационарный объект, особенно при изменении длины троса. Полученные математические модели порталных кранов могут быть использованы как для моделирования процесса раскачивания груза при его перемещении с одной, двумя и тремя степенями свободы, так и для разработки систем управления приводами крана, позволяющих компенсировать колебания груза.

В случае, когда не допускается большая амплитуда колебаний, а скорость изменения длины троса небольшая, при проектировании системы управления можно воспользоваться полученными по линеаризованной модели крана передаточными функциями. Рассмотрены особенности построения систем управления приводами мостового крана.

Алгоритмы управления подъемными механизмами для точного позиционирования грузов

Марков А.В., Шмарловский А.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Транспортировка подъемным краном тяжелого груза вызывает качающееся движение последнего из-за ускорения и замедления тележки. Раскачивание груза влияет на точность позиционирования, безопасность в эксплуатации, нагрузку на элементы машины и т.д. В большинстве случаев основной задачей системы управления подъемным краном является максимально быстрая транспортировка груза с его точным позиционированием в точке назначения без значительного колебания троса.

Существуют различные способы управления подъемным краном, основанные как на разомкнутой, так и на замкнутой системе управления. Автоматизацию подъемного крана можно разделить на два подхода. В первом подходе оператор сохраняется в цепи управления, а силы, перемещающие груз, определенным образом изменяются, чтобы облегчить работу оператора. Например, добавляется демпфирование, и система замыкается по углу колебаний груза и скорости его изменения, или добавляется фильтр, удаляющий частоту возбуждения груза из входного сигнала, или используется механический поглотитель.

Во втором подходе операция перемещения выполняется в автоматическом режиме. Это может быть сделано, используя различные способы. Первый способ основан на формировании траекторий, позволяющих переместить груз в точку назначения с минимальным раскачиванием. Эти траектории достигаются или формированием специальным образом входного сигнала или методами оптимального управления. Второй способ основан на обратной связи по положению и углу отклонения груза.

Третий способ основан на разделении системы управления на две части: регулятор подавления колебаний и регулятор положения. Каждый разрабатывается отдельно, а затем объединяются, чтобы гарантировать работу системы с сохранением стабильности.

Проведен анализ эффективности различных алгоритмов, даны рекомендации по их практическому применению в различных условиях функционирования при наличии ограничений и случайных воздействий различной физической природы.

Разработка месторождений полезных ископаемых

Современные способы усреднения сырья при производстве цемента сухим способом

Оника С.Г., Ковалева И.М.

Белорусский национальный технический университет.

Основной целью развития цементной отрасли нашей страны на ближайшее время является наращивание производства цемента в 3 раза. С ростом производственных мощностей втрое возрастет и потребление сырья, поэтому уже сейчас следует обратить внимание на существующий потенциал добычи и усреднения карбонатных пород.

На цементном заводе необходимо иметь запас сырья, шлама, топлива, который обеспечивал бы непрерывную работу предприятия на случай перебоев в снабжении. Нормативные запасы сырья и топлива хранят на складах.

Особенно широкое распространение в последнее время получили усреднительные склады. Это связано, с одной стороны, с повышением требований по однородности сырья при переработке сухим способом, а с другой - с переработкой более неоднородных материалов из-за ограниченности сырьевой базы. Усреднительные склады предназначены только твердым материалам крупностью не более 25 мм. В усреднительном складе одновременно находится в работе не менее двух штабелей каждого материала: один укладывается, а другой отгружается на измельчение. Размеры штабелей и их количество зависят от объема производства. Усреднительный штабель формируется и расходуется за неделю. Качество усреднения в штабеле зависит от способа его отсыпки.

Принцип усреднения заключается в отсыпке штабеля горизонтальными или наклонными слоями и отгрузкой его встречными (поперечными) фронтами. Имеется ряд и других способов отсыпки штабелей: осевой, фронтальной, с чередованием слоев. Эти способы штабелирования выбирают в зависимости от местных условий и качества сырья; принимают тот способ, который дает наилучшее усреднение.

Для усреднения качества полезного ископаемого могут использоваться передвижные бункеры. Полезное ископаемое из различных забоев, блоков или горизонтов подается в общий (усреднительный) бункер. При разгрузке в течение сырья происходит по фигурам выпуска - эллипсоидам вращения, что ведет к интенсивному перемешиванию полезного ископаемого.

Таким образом, совершенствование усреднения качества сырья в цементной отрасли является актуальной научной задачей, требующей решения.

Повышение эффективности обработки обводненных гравийно-песчаных месторождений

Оника С.Г., Березовский Н.И., Березовский С.Н.
Белорусский национальный технический университет

Разведанные запасы песчано-гравийной смеси, широко используемой в строительной индустрии Беларуси, распределены по различным регионам и по отдельным областям весьма неравномерно, из-за чего многим предприятиям приходится возить автотранспортом гравийный материал с ближайших областей, что влечет за собой большие финансовые расходы.

Одной из причин дефицита сырья, является стремление предприятий отказаться от разработки обводненных запасов, для чего в заданиях на геологоразведочные работы предусматривается разведка запасов сырья, залегающих только выше уровня грунтовых вод (на 0,5-1 м). Такая практика приводит к тому, что значительные запасы сырья остаются навсегда потерянными в недрах и для их возмещения понадобится вложение дополнительных средств в геологоразведочные работы.

Результаты разведки месторождений и выполненных исследований показывают, что обводненные запасы часто имеют высокое качество и на глубину до 3 метров их можно отработать без принудительного водопонижения, то есть без дополнительных затрат.

Для этих целей могут использоваться экскаваторы с нижним черпанием, с емкостью ковша до 1 м³ типа «драглайн» (Э-652, ЭО-5111, ЭО-4111) или «обратная лопата» (ЭО-4124, ЭО-4125, ЭО-4321), которые имеются на многих предприятиях. Указанные экскаваторы позволяют эффективно вынимать из массива обводненное полезное ископаемое с временным его размещением в навалах и последующей отгрузкой в средства автомобильного транспорта погрузчиками или экскаваторами типа «прямая лопата».

Исследования показывают, что даже при площади месторождения в 10 га, отработка обводненных запасов на глубину 3 метра, (а учитывая целик в 0,5-1 метр, который оставляется до уровня грунтовых вод - то на глубину 3,5-4 метра) – даст дополнительный объем полезного ископаемого в 350-400 т.м³.

Во многих дорожно-ремонтно-строительных управлениях годовая производительность на открытых горных работах по песку и песчано-гравийной смеси в большинстве случаев составляет 15-20 тыс. м³, а, следовательно, указанный дополнительный объем качественного сырья продлит срок службы таких карьеров до 20 лет.

Невещественное воздействие горных пород на рост овса посевного

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В рамках разрабатываемого на кафедре «Горные работы» научного направления, названного «Биофизика горных пород», которое по своей направленности вписывается в экологическую геологию, и в качестве базисных основ использует современные мировоззренческие, теоретические и методологические разработки, проводится изучение вопросов, связанных с полевыми взаимодействиями между состоящими из различных минералов горными породами и биологическими объектами.

С этой целью была проведена серия экспериментов, в которых определялось воздействие горных пород на прорастание и рост растений овса посевного в условиях, когда отсутствовал непосредственный вещественный контакт между прорастающими зернами и породой. В пластиковые контейнеры на двойной слой фильтровальной бумаги раскладывали равное количество зерен овса посевного (количество посевного материала в различных экспериментах варьировало от 300 до 150 штук) и увлажняли водопроводной водой (по 20 или 10 мл). Контейнеры с семенами помещали на относительно плоскую поверхность приблизительно равных по объему (около 400 см³) образцов различных горных пород, размещенных на небольшом расстоянии друг от друга в застекленной полке из ДСП, так чтобы они находились в условиях одинаковой освещенности. В экспериментах использовались образцы каменной соли, сильвинита, алевролита, торфа, гранита. Контрольный вариант размещался просто на дне полки. В течение эксперимента проросшие растения по необходимости увлажняли одинаковым количеством воды. Через 10-12 дней контейнеры с растениями фотографировали. Растения извлекали из контейнера, взвешивали, измеряли длину, подсчитывали их количество и число непроросших зерен. Анализ полученных результатов показал, что по всем исследуемым параметрам имеются существенные различия между рассматриваемыми вариантами. При этом наиболее благоприятным для развития и роста овса оказалось воздействие торфа и алевролита. В вариантах с использованием гранита положительный эффект отсутствовал (измеряемые параметры были ниже, чем у других вариантов и контроле).

Полученные результаты свидетельствуют, что различные горные породы по-разному влияют на развитие и рост овса посевного при отсутствии непосредственного контакта и вещественного обмена.

**Бесцеликовые схемы подготовки
калийных пластов**

Кологривко А.А., Дакуко С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Проведенные исследования обеспечили в настоящее время признание бесцеликовой технологии подготовки калийных пластов одним из главных направлений в области совершенствования подземной разработки калийных месторождений, прежде всего из-за высокой концентрации горных работ.

Эффективными следует считать три основных варианта бесцеликовой выемки калийных пластов.

Однако во всех случаях не рассматривается вариант, при котором подготовительные выработки проводятся широким забоем, а отработка панели ведется с разворотом лав.

Условия разработки калийных пластов таковы, что прямой переход от угольной технологии невозможен, поскольку калийные соли характеризуются высоким сопротивлением резанию вынимаемых пластов, особенно в условиях проявления горного давления, газодинамическими явлениями.

Поэтому необходимо решить следующие задачи:

- разработать оборудование, способное работать в калийных солях по рассматриваемой технологии;
- создать эффективную технологию обеспыливания, обеспечивающую полную безопасность при ведении горных работ;
- разработать технологию управления состоянием массива соляных пород; разработать оптимальную организацию работ в очистных и подготовительных забоях.

Решение перечисленных вопросов должно сопровождаться:

- обоснованием технической возможности и рациональной области применения рассматриваемой технологии для конкретных пусть и локальных участков подготовки калийных пластов в зависимости от их горно-геологических и горнотехнических условий разработки;
- разработкой новых технологий охраны подготовительных выработок на калийных рудниках для локальных участков.

Например, применение взрывоцелевой разгрузки массива, применение камуфлетных полостей для охраны, принцип которых можно заимствовать из разработки угольных месторождений и обоснованно адаптированных для калийных рудников РУП «ПО «Беларуськалий».

Информационные свойства воды

Поликарпова Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В современном естествознании развиваются новые взгляды на взаимоотношения геологической и биотической составляющей биосферы. Многочисленными исследованиями доказана теснейшая взаимосвязь минеральной среды и населяющих её организмов. Наиболее изучен вещественный уровень. К настоящему времени все большее количество естествоиспытателей склоняется к представлению о первичной роли в физических взаимодействиях информационных и энергетических процессов. Особое внимание исследователей привлекают информационные возможности воды.

На кафедре «Горные работы» БНТУ был проведен ряд экспериментов с целью проследить передачу информации в цепочке последовательности: биологический объект - минеральный – биологический. В качестве индуктора информации использовалась студенческая группа, которая была разделена по половому признаку. В три одинаковые по размеру стеклянные колбы было налито по 300 мл водопроводной воды. Над горлышком одной из колб ребята по очереди шёпотом произносили слова, несущие отрицательную информацию, при этом они в одних опытах веселились и смеялись, в других – были серьезными. Над второй колбой девушки произносили только добрые, ласковые слова (положительная информация). Содержимое третьей колбы использовали для контрольного варианта. Семена пшеницы посевного, размещенного в трех пластиковых контейнерах (по 5 г), по необходимости увлажняли равными количествами воды (10 мл) соответствующего варианта. Через 10-12 дней растения фотографировали, извлекали из контейнера, взвешивали, определяли их количество и длину. Анализ определяемых величин показал, что в опытных вариантах они существенно отличались от значений контрольных. При этом оказалось, что положительная информация всегда стимулировала ростовые процессы, а воздействие отрицательной информации зависело от её эмоциональной составляющей. В случае положительных эмоций был получен стимулирующий эффект, а при их отсутствии наблюдалось угнетение ростовых процессов по сравнению с контролем и положительным вариантом.

Полученный результат, подтвержденный в серии экспериментов, свидетельствует о наличии передачи информации в исследуемой последовательности и о значимости энергетического заряда передаваемой информации.

Прессование опилочно-буроугольных брикетов

Яцковец А.И., Куптель Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Высокая зольность белорусских бурых углей ($A^c = 20-26\%$ и более) сужает возможность брикетирования топливных буроугольных брикетов. Для сравнения торфяные брикеты по стандарту должны иметь зольность на сухое вещество $A^c \leq 15\%$ (первый сорт) и $A^c \leq 23\%$ (второй сорт).

Была поставлена задача: снизить повышенную зольность буроугольных брикетов за счет добавления в бурый уголь древесных опилок, имеющих малую зольность, тем более, что в РБ работают десятки деревообрабатывающих предприятий и опилки зачастую являются отходами производства.

Для опытов использовали бурый уголь Бриневского месторождения влажностью $w = 10\%$ и зольностью $A^c = 25\%$, а также древесные опилки хвойных пород зольностью $A^c = 2,6\%$.

Брикеты изготавливали на ручном винтовом прессе в матрице с внутренним диаметром 20 мм при постоянном давлении прессования $P = 40$ МПа. С помощью стандартных методик определяли плотность и прочность на сжатие опилочно-буроугольных брикетов.

Содержание опилок варьировалось от 0 до 50%. С помощью стандартных методик определяли плотность и предел прочности на сжатие полученных опилочно-буроугольных брикетов.

Получены следующие результаты. С увеличением содержания древесных опилок до 50% плотность брикетов уменьшается на 15%, а прочность на сжатие возрастает. Средняя зольность в указанном интервале уменьшается с $A^c = 25\%$ до $A^c = 13,8\%$. Поэтому чтобы получить по аналогии с торфяными брикеты первого сорта ($A^c \leq 15\%$) следует добавлять более 40% опилок, что снижает их плотность на 15% и более, а сами брикеты становятся рыхлыми и уменьшается их прочность на изгиб.

Нам представляется, что более реальным является изготовление опилочно-буроугольных брикетов 2 сорта, у которых средняя зольность доходит до $A^c \leq 23\%$. В этом случае оптимальная добавка опилок составляет 10-25%, что уменьшает плотность брикетов только на 5-10% при увеличении их прочности.

Республика Беларусь обладает значительными запасами твердых горючих ископаемых - торфа, бурых углей и горючих сланцев, использование которых в перспективе позволит снизить энергозависимость республики от стран-экспортеров.

Среди крупных достижений современной математики, получивших наибольшую популярность и одобрение в инженерных кругах, особое место занимает математическая теория оптимального управления. Главная задача оптимизации производства заключается в повышении производительности труда или в снижении себестоимости единицы продукции.

Критерий оптимальности является мерой выражения эффективности планирования и управления и поэтому обязательно должен включать один или стоимостных параметров, по которому из множества возможных решений выбирается одно экономически более целесообразное. Экономические критерии в системе горно-обогатительных предприятий определяются по всему комплексу, что позволяет путем перераспределения затрат по отдельным технологическим процессам добиваться конечного эффекта на заключительной стадии производства продукции. Выбор оптимального варианта с использованием экономических критериев производят на основе экономико-математического моделирования (ЭММ).

Составление ЭММ современного горнодобывающего предприятия представляет сложную задачу в связи с его динамическим характером, множественностью взаимозависимых процессов, стохастическим характером их протекания, высокой неоднородностью физико-технических параметров объекта разработки, недостаточностью количества и качества информации о свойствах объекта и т.д.

Переменные экономические критерии оказываются приемлемыми для ЭММ управления и планирования горным производством с удовлетворительной точностью лишь за длительные периоды времени и на перспективу. Использование их для оперативного принятия решений невозможно из-за сложности определения входящих количественных показателей. Поэтому принятие оптимальных решений оперативного характера с целью повышения эффективности отдельных технологических процессов и всей системы проводится обычно на основании частных критериев (производительность добычных машин и транспортных средств, удельный расход ВВ и др.).

Проведенный анализ показывает, что кардинальное решение проблемы оптимизации производства возможно только с использованием единого энергетического подхода ко всем технологическим процессам. Количественной мерой выражения их эффективности можно считать минимум энергетических затрат на производство конечного продукта.

Энергетическая оценка процессов переработки сырья

Федотова С.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время значительно возросли объемы добычи полезных ископаемых не только в связи с растущими потребностями общества, но также из-за резкого уменьшения содержания полезного компонента в добываемых рудах. В связи с ухудшением горно-геологических условий возросли объемы вскрышных пород при открытом способе разработки, а при подземной разработке месторождений увеличилась глубина шахт и рудников.

В результате неизмеримо увеличились удельные и общие энергозатраты на получение готовой продукции. В условиях растущего дефицита энергоресурсов проблема их экономии в наши дни приобретает особую остроту и вызывает необходимость возобновления исследований и разработки обоснованных рекомендаций.

Анализ технической литературы и данных проведенных исследований свидетельствует о том, что затраты энергии на дробление руды на обогатительной фабрике вполне сопоставимы с энергоемкостью процессов добычи в карьере, а при крупном дроблении даже в 2—3 раза ниже. Это говорит о том, что улучшение качества дробления в карьере за счет увеличения энергозатрат на буровзрывные работы не может обеспечить существенного снижения эксплуатационных затрат при механическом дроблении. Такое решение может быть экономически оправдано только в том случае, если позволит исключить капитальные затраты, связанные с цехом крупного дробления. Однако ни в настоящее время, ни в обозримом будущем при разработке скальных руд и пород не может быть обеспечена такая подготовка горной массы в карьере, которая бы полностью гарантировала требуемый уровень дробления.

Наиболее высокие удельные энергозатраты приходятся на процесс измельчения и особенно — самоизмельчения. Они вполне закономерны, так как обусловлены высокой степенью диспергирования руды и тем, что удельная поверхностная энергоемкость их разрушения увеличивается с уменьшением крупности частиц.

Хотя энергоемкость самоизмельчения в 2-3 раза выше энергоемкости шарового измельчения, достоинство этой технологической схемы состоит в исключении капитальных затрат, связанных со средним и мелким механическим дроблением руды. В этом случае вполне оправданным будет увеличение стоимости и затрат энергии при взрывной подготовке руды в карьере.

Учет фильтрационных сил при расчете устойчивости откосов

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

На устойчивость бортов карьеров оказывает влияние большое количество факторов. Одно из основных влияний оказывает вода. Количественно это влияние оценивается учетом фильтрационных сил.

Из всех известных методов расчета устойчивости земляных откосов наибольшее применение нашел расчет по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения, который основывается на составлении уравнения равновесия моментов сил удерживающих и сдвигающих оползающей призмы относительно точки вращения.

Данный метод расчета требует решения двух задач: первая – это когда дуга поверхности скольжения проходит через нижнюю кромку откоса, и вторая – это когда дуга поверхности скольжения проходит через дно сооружения.

Для того, чтобы учесть в расчетах действие фильтрационных сил необходимо в первую очередь построить линии скольжения и депрессии, а затем определить площадь, ограниченную этими линиями, и градиент напора воды.

Вопрос построения линии скольжения решил Феллениус, предложивший из всех возможных центров скольжения выбирать тот, для которого требуется максимальная величина сил сцепления грунта.

По известным из литературных источников уравнениям строим линию депрессии и определяем глубину потока подземных вод на откосе сооружения.

Площадь, ограниченную линиями депрессии и скольжения, определим с помощью двойного интеграла по правилу внутренней переменной. Одновременно вычисляем градиент напора фильтрационного потока в пределах искомой площади. Его величина равна среднему уклону депрессионной кривой и зависит в основном от водопроницаемости грунта, слагающего откос, и продолжительности водопонижения.

Увеличение разрушающей составляющей на величину воздействия фильтрационных сил приводит к увеличению максимального значения силы сцепления грунта, а, следовательно, и смещение центра линии скольжения.

Этот центр следует считать наиболее опасным и для него вычисляют коэффициент запаса устойчивости откоса.

Осушение карьерных полей горизонтальными дренами

Халявкин Ф.Г.

Белорусский национальный технический университет

Осушение карьерных полей предусматривает снижение уровня или напора водоносных горизонтов.

Для этого применяются различные способы и устройства: водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами, поглощающие скважины и колодцы, иглофильтровые установки, прибортовой дренаж в виде открытых каналов и закрытых дрен.

Все эти способы не всегда обеспечивают требуемую норму и эффективность водопонижения, трудны в исполнении, требуют значительных материальных и трудовых затрат.

Поэтому заслуживает внимания более простой и дешевый способ осушения карьерных полей с использованием въездных и разрезных траншей. Данный способ не исключает сочетания с другими способами, например с прибортовым дренажем или иглофильтровыми установками и его можно применять на месторождениях с различной водообильностью.

Суть данного способа состоит в том, что при подготовке месторождения к добыче полезного ископаемого строят не одну, а несколько въездных (разрезных) траншей, размеры которых и расстояния между ними определяются расчетом. Траншеи соединяют горизонтальными дренами, а на дне одной из траншей с самыми низкими отметками строят водосборник, из которого вода с помощью насоса откачивается на поверхность в водосточный канал и далее в водоприемник.

Основными расчетными параметрами при этом являются приток воды в траншею для расчета мощности привода насоса и расстояние между траншеями.

Приток воды в траншею при безнапорной фильтрации можно рассчитать по формуле С.В. Траяновского, а расстояние между траншеями по формуле Х.А. Писарькова или определить путем построения депрессионных кривых.

Так, например, при площади карьерного поля 4 га (100х400 м), длине траншей 100 м, коэффициенте фильтрации грунта 5 м/сут, мощности водоносного пласта 5 м, понижения уровня 5 м, ширине траншей 3 м приток воды в данную траншею согласно расчетам составит 158 м³/сут, а расстояние между траншеями 196 м.

Следовательно, для осушения данного участка достаточно построить три траншеи и в них одновременно начать вскрышные и добычные работы.

Прессование торфобуроугольных брикетов

Яцковец А.И., Куптель Г.А., Головач А.А., Таяновская Н.Г.
Белорусский национальный технический университет

Одним из энергетических направлений использования бурых углей, значительные запасы которых выявлены в РБ, может быть их прессование в виде брикетов, что принципиально было показано нами ранее.

Однако сдерживающим фактором является повышенная зольность бурых углей (от $A^c=16,7\%$ до $A^c=27,2\%$).

Поэтому перед нами была поставлена задача: спрессовать брикеты из смеси торфа нормальной зольности и бурого угля, имеющего повышенную зольность, с разным соотношением компонентов и определить прочность и плотность полученных брикетов с помощью стандартных методик.

Для прессования были взяты образцы бурого угля Бриневского месторождения, имеющего высокую зольность $A^c=25\%$, и образцы низинного торфа Старобинского месторождения с зольностью $A^c=8,6\%$. Брикеты изготавливали на ручном винтовом прессе ДМ-30 в матрице с внутренним диаметром 20 мм. Давление прессования было выбрано постоянным и составляло 40 МПа. Были получены следующие результаты

Зависимость плотности торфобуроугольных брикетов от содержания бурого угля имеет выраженную выпуклую криволинейную зависимость и аппроксимируется уравнением регрессии

$$y=0,00846x^2+1,0117x+943,5 \quad (1)$$

где x – содержание бурого угля, %; y – плотность буроугольных брикетов, кг/м^3 .

Такой характер зависимости полностью подтверждается теорией брикетирования: так как торфяная сушенка имеет более крупный гранулометрический состав, то более мелкие частицы бурого угля заполняют все межзерновые пустоты и упаковка (плотность) возрастает.

При более плотной упаковке частиц торфа и бурого угля количество межзерновых контактов увеличивается и, следовательно, прочность таких брикетов повышается, что подтверждается уравнением регрессии

$$y=0,0318x+2,44, \quad (2)$$

где x – содержание бурого угля, %; y – прочность брикетов на сжатие, МПа.

Полученные результаты позволяют утверждать, что оптимальную зольность торфобуроугольных брикетов $A^c \leq 15\%$, что соответствует брикетам 1 сорта, можно получить при добавлении в торф до 40% бурого угля при сохранении надлежащей прочности.

**Использование методов
компьютерной математики в задачах прогнозирования
показателей калийного производства**

Шпургалов Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Научные методы исследования, использующие компьютерное моделирование изучаемых процессов, являются, в настоящее время наиболее доступными. Однако их использование ограничивается необходимостью разработки специальных компьютерных программ, что, в свою очередь, требует дополнительного участия в процессе исследования математиков и программистов.

Использование методов компьютерной математики позволяет реализовать оптимизационные математические модели исследуемых процессов на компьютере без разработки специальных прикладных компьютерных программ.

В данной работе предложен алгоритм, позволяющий прогнозировать горногеологические характеристики калийной руды предполагаемой к добыче на участке (руднике) в течение последующей смены (суток). Эти сведения являются весьма важными для обогатительной фабрики, поскольку от их точности существенно зависят затраты на обогащение руды.

Суть предложенного алгоритма заключается в следующем. В основу составления прогноза положен метод экстраполяции "в будущее" полученных зависимостей исследуемых процессов "в прошлом и настоящем". Прогнозируемые величины представлены в виде двух составляющих тренда и некоторой дополнительной величины, условно названной поправкой. Поправка представляет собой величину, на которую отличаются значения прогнозных и фактических (измеренных экспериментально после проведения горных работ) горногеологических показателей добытой рудной массы.

Значения тренда рассчитываются с использованием математической модели ведения очистных и подготовительных горных работ на добычных участках калийных рудников.

Выше названная математическая модель реализована с использованием пакета программ Excel. Значения поправки определяются на основе метода экстраполяции. Для этого предварительно устанавливается аналитическое выражение поправки, как функции одной или нескольких переменных. Это аналитическое выражение формализуется эмпирическим способом.

Использование энергии камуфлетных взрывов

Кологривко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Отличительная особенность сооружения горных выработок с использованием энергии камуфлетных взрывов заключается в его экономической эффективности. Возможность сооружения выработок ограничивается областью и условиями применения в зависимости от горно-геологической и горнотехнической ситуации.

Для эффективной эксплуатации эти выработки требуют искусственного крепления.

При разведке месторождений полезных ископаемых выработки могут применяться в качестве: горноразведочных и вентиляционных шурфов; штолен и рассечек небольшой протяженности.

При подземной, открытой и комбинированной разработке месторождений выработки могут применяться в качестве: вентиляционных сбоек между камерами и подготовительными выработками; полостей при дроблении руд для подземного выщелачивания; разгружающих полостей вокруг подготовительных и очистных выработок; полостей для управления горным давлением при разработке удароопасных угольных и рудных месторождений, а также при разработке месторождений, залегающих на больших глубинах и осложненных горно-геологическими аномалиями; полостей для образования сети трещин, обеспечивающих проницаемость газоносного пласта района, где извлечение газа обычными методами нерентабельно из-за малой проницаемости формации; систем подземного дренажа, при сооружении взрывозащитных, сейсмозащитных и минных выработок.

В подземном, шахтном, промышленном, гражданском, транспортном, дорожном, сельскохозяйственном и гидротехническом строительстве выработки могут применяться в качестве: устьев стволов, шурфов; каналов для бестраншейной прокладки коммуникаций; свайных фундаментов и свай с камуфлетной пятой; шахтных колодцев; подземных емкостей различного назначения; комплексов подземных сооружений специального назначения в качестве камер для сварки взрывом, различных складских помещений, машинных камер, испытательных стендов; полостей для вытеснения грунта и возведения различных плотин, дамб, транспортных насыпей.

Металлургические технологии

УДК 669.04

Анализ применения современных волокнистых футеровочных материалов при создании нагревательных и термических печей машиностроительного производства

Менделев Д.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время при проектировании или модернизации нагревательных и термических печей машиностроительных предприятий применяют высокоэффективные волокнистые огнеупорные и теплоизоляционные материалы, обеспечивающие надежную и долговечную работу печей.

При выборе оптимального варианта футеровки печи оценивают величину потерь через ограждающие конструкции в существующих агрегатах. Анализ тепловой работы методических печей, работающих в непрерывном режиме, показывает, что футеровка при таких условиях находится практически в стационарном состоянии. Потери на разогрев весьма незначительны. Иначе обстоит ситуация в печах периодического типа действия. Так, например, расход условного топлива на нагрев на $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 м^2 футеровки, выполненной из современных волокнистых материалов – минимум на порядок ниже при аналогичных условиях для футеровок из традиционных теплоизоляционных материалов.

Выбор толщины слоя волокнистой футеровки обусловлен соблюдением требований техники безопасности при работе с высокотемпературным технологическим оборудованием (СП 2.2.1.1312-03) - температура на наружных поверхностях печи (контактирующая с поверхностью тела рабочего) не должна превышать допустимого уровня $38-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Для подавляющего большинства волокнистых футеровок величина экономии теплового потока при последовательном увеличении значения толщины с $0,25-0,35\text{ м}$ на $0,05\text{ м}$ составляет менее 1%. Это означает, что при увеличении толщины футеровки с $0,25\text{ м}$ до $0,5\text{ м}$, экономия теплового потока в среднем составит менее 3%. При этом стоимость футеровки возрастет в 2 раза. Поэтому актуальность применения волокнистой футеровки ограничивается температурным диапазоном $55-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в среднем $65\text{ }^{\circ}\text{C}$) на ее внешней поверхности.

Для достижения необходимой температуры на поверхности волокнистой футеровки печи согласно ранее обозначенному СП, нужно обшить футеровку печи жстью. Причем воздушная прослойка между жстью и внешней поверхностью футеровки должна составлять до 180 мм .

Анализ возможности применения металлизированного сырья на базе собственных железорудных месторождений при выплавке стали в ДСП

Корнеев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Наличие в Республике Беларусь собственных запасов железорудного сырья делает актуальными вопросы, связанные с эффективностью использования продуктов его переработки, учитывая местные особенности. Для анализа эффективности использования металлизированного сырья проведены расчеты материального и теплового баланса для случаев выплавки стали в дуговых печах при использовании только металлического лома или только металлизированных окатышей, а также при различной доле металлизированного сырья, подаваемого в завалку вместе с металлическим ломом. Выход годного меняется практически линейно от 0,94 до 0,87 при возрастании доли металлизированного сырья от 0 до 100%. Удельный расход электрической энергии возрастает с 510 кВт·ч/т до 612 кВт·ч/т при увеличении доли используемого металлизированного сырья от 0 до 100%.

При различных вариантах загрузки основной задачей является обеспечение согласования мощности вводимой электрической энергии и скорости загрузки окатышей, так как высокая скорость подачи окатышей приведет к их накоплению и образованию «айсберга», а недостаточная скорость подачи к перегреву металла и его угару, а также повышенным потерям энергии и снижению производительности. Анализ экспериментальных и расчетных данных показал, что при оптимальной скорости подачи окатышей в печь удельный расход электрической энергии может быть менее 550 кВт·ч/т. Значительно уменьшить удельный расход электрической энергии возможно организацией предварительного подогрева металлизированного сырья, обладающего преимуществами в постоянстве геометрии и размеров, сыпучести и т.д. перед металлическим ломом. Удельный расход электрической энергии уменьшается с 510 кВт·ч/т до 465 кВт·ч/т при увеличении доли используемого подогретого до 600 °С металлизированного сырья от 0 до 100%.

Проанализированы различные варианты использования собственных железорудных концентратов для выплавки стали. Наиболее оптимальным следует считать вариант получения металлизированных окатышей в непосредственной близости от месторождений, транспортировку и переплавку их на действующих мощностях РУП БМЗ.

Литейное производство чёрных и цветных металлов

Система автоматизированного проектирования технологии литейной формы для стального литья

Бежок А.П.

Белорусский национальный технический университет

Создание эффективной технологии получения высококачественной литейной заготовки является сложной инженерной задачей и зависит, в первую очередь, от опыта и профессиональных качеств инженера-литейщика. Самостоятельное автоматизирование расчетов непосредственно специалистом в области литейного производства в ограниченных рамках возможно, однако требует от литейщика достаточно глубоких знаний в области программирования и САПР. Создание же полнофункционального приложения для расчета технологии литейной формы возможно только коллективным профессионалов в области литейного производства и профессиональных программистов.

САПР литейных технологий «Foundry Expert», разработчиком которой является ООО «Новатор» (Украина), представляет собой модуль для систем проектирования «Solid Works» и «Pro/Engineer». Система обеспечивает разработку технологии всех этапов получения стальных отливок: определение плоскости разъема; проектирование и расчет литниковых систем; формирование стержней и знаков; расчет припусков; расчет формовочных уклонов; поиск тепловых узлов, расчет и расстановку прибылей; проектирование холодильников; расстановку жеребеек; определение размеров отливок или ямы.

Система предоставляет проектировщику возможность выбора на любой стадии разработки технологии как автоматического режима расчетов, так и ручного. В последнем случае специалист сам принимает решения, на основании которых САПР производит расчет геометрических параметров по заданным разработчиками методикам и модифицирует исходную 3D модель детали в модель отливки. При этом автоматически производится проверка на проливаемость отверстий детали и не проливаемые отверстия заштриховываются, наносятся припуски, создаются стержни и стержневые знаки, строятся прибыли, литниковая система, выпора, создаются модели полуформ, генерируется чертежная документация и технологические карты.

Пользователь также имеет возможность доступа к сформированным разработчиком базам данных и методикам, используемых системой для расчетов. Базы данных можно самостоятельно редактировать и пополнять в соответствии с конкретными условиями.

Полученные модели полуформ верха и низа в дальнейшем вместе с моделью отливки можно использовать для расчетов процессов заполнения

формы и кристаллизации расплава в любой специализированной литейной САПР (Полигон, ProCast и др.).

УДК 621.746

3D-моделирование процесса затвердевания отливок с использованием данных о фазовых превращениях литейных сплавов

Рафальский И.В., Лущик П.Е.

Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является моделирование технологии производства отливок из высокопрочного чугуна на основе методов компьютерного термического анализа (КТА) с учетом данных о фазовых превращениях в сплавах и разработка рекомендаций по выплавке отливки «Полурама» Минского тракторного завода.

В ходе работы с помощью программы компьютерного проектирования Unigraphics были спроектированы основные элементы литейной технологии. С использованием метода КТА для сплавов из высокопрочного чугуна были получены кривые охлаждения, с помощью которых рассчитывались параметры фазовых превращений сплава. На основе полученных данных с применением средств компьютерного моделирования был выявлен ряд причин, приводящих к формированию дефектных зон в отливках. Установлены геометрические параметры тепловых узлов, где расплав затвердевает в последнюю очередь и которые являются местом локализации пористости в отливке, а также участки преждевременного затвердевания в местах подвода металла, которые приводят к появлению усадочных раковин на внутренней поверхности отливки.

Повторный анализ расчета затвердевания с учетом реальных данных о фазовых превращениях, полученных с помощью КТА, позволил установить дополнительные участки отливки, содержащие дефекты по усадочной пористости.

Были предложены рекомендации по устранению полученных дефектов литья: изменение геометрических параметров литниково-питающей системы, увеличение прочности литейной формы, использование более эффективных модификаторов для графитизирующего модифицирования.

Сочетание методов компьютерного анализа технологического процесса получения отливок из высокопрочного чугуна и КТА по кривой охлаждения пробы расплава позволило обеспечить адекватное моделирование процессов заполнения и затвердевания отливки «Полурама» на наличие брака по усадочным дефектам.

**Комплексная переработка дисперсных промышленных отходов
с использованием пиролиза**

Тамбовцев Ю.И., Андриц А.А., Довнар Г.В.
Белорусский национальный технический университет

Образующиеся при заточке инструмента из быстрорежущей стали дисперсные отходы, содержащие до 40% стали разделялись магнитным сепаратором с импульсным полем (А.с. СССР № 1044334, патент РФ № 1329824).

В БПИ перерабатывались пылевые отходы, улавливаемые циклонами, образующиеся при заточке инструмента из быстрорежущей стали. Отходы, содержащие 40% стали, разделялись сухим магнитным сепаратором с импульсным полем (А.с. СССР № 1044334, патент РФ № 1329824).

Извлеченный стальной порошок в смеси с твердым восстановителем переплавлялся в электрошлаковой печи подогрева с расходуемым графитовым электродом.

При переработке шламов использовались отходы шлифования стальных изделий, хромсодержащие кожевенные и гальванические отходы (патент РБ № 2277).

Отходы шлифования подвергались пиролизу с отводом и дожиганием паров масла (патент РФ № 1475281, № 2014954, № 2076787). При наличии в отходах свыше 10% масла, последнее отводилось через перфорированное днище в герметичный холодильник (патент РФ № 2010675). После такой переработки содержание кислорода в стальном порошке не превышало 0,9-1%. Высушенные отходы обрабатывались в шаровой мельнице, рассевались и подвергались сухой магнитной сепарации в импульсном магнитном поле (патент РФ № 1329824). Стальной порошок брикетировался на прессе (прокатывался или спекался в установке пиролиза) и переплавлялся в электродуговой печи. Более того, из полученного высоколегированного стального порошка методом порошковой металлургии изготавливались различные изделия, в том числе и металлорежущий инструмент.

Кроме того, в стальной порошок вводился хромовый концентрат (полученный при переработке кожевенных отходов) или отоженные гальванические отходы вместе с твердым восстановителем (патент РБ № 2277, патент РБ № 2023). Такая шихта использовалась для легирования стали. На второй стадии пиролиза, при температуре свыше 500⁰С, из хромсодержащих отходов или осадков сточных вод выделяется значительное количество водорода, что позволяет восстанавливать железную окалину, помещенную в слой этих отходов (патент РБ № 10315).

Получение шихтовых материалов методом СВС-процесса для введения в расплавы черных и цветных металлов

Андриц А.А., Стасевич Г.В., Петрович С.Н.

Белорусский национальный технический университет

Легирование железоуглеродистых и цветных сплавов является одним из путей повышения механических и эксплуатационных характеристик литых деталей. Наиболее перспективным с точки зрения энергосбережения направлением является разработка технологических принципов получения легирующих присадок внепечным методом.

Цель работы – изучение возможности легирования хромом чугунов путем введения при их выплавке шихты полученной методом внепечной металлотермии.

Проведен термодинамический анализ реакций восстановления окислов алюминием. Исследовано влияние активаторов на температуру начала инициирования алюмотермической реакции, показавшее значительное ее снижение, по сравнению с литературными данными, вследствие взаимодействия продуктов разложения активаторов с окисной пленкой на алюминии с образованием газообразных соединений AlF_2 , AlF , $AlFO$, $AlCl_1$, $AlCl_2$, $AlCl$ и $AlClO$, что способствует созданию каталитически-активной поверхности на алюминии.

Исследовано влияние балластной добавки на температуру начала и окончания алюмотермической реакции в присутствии активатора и показано, что эффект повышения температуры начала инициирования реакций восстановления связан не только с высокой абсорбционной способностью окиси алюминия, но и взаимодействием ее с вводимыми активаторами.

Предложенный расчет металлотермических шихт позволяет для выбранной температуры окончания реакции восстановления установить количество вводимого алюминия, окислов и балластной добавки в смеси имеет достаточно удовлетворительную корреляцию с опытными данными.

Микрорентгеноспектральный анализ шихты показал, что суммарное содержание хрома составляет 24 %.

Введение в состав металла проводилось двумя способами: ввод в жидкий металл и ввод в твердую завадку. Масса металлотермической хромосодержащей шихты составляла 1 кг на 20 кг металлошихты.

При первом способе ввода полученное содержание хрома составило 0,16%, т.е. степень усвоения – 13,3%. Во втором случае содержание хрома – 1,1% и степень усвоения, соответственно, 91,7%.

Таким образом, результаты эксперимента показали, что ввод хромосодержащей металлотермической шихты необходимо осуществлять путем добавления ее к твердой металлозавадке.

**Экологически чистые технологии модифицирующей обработки
алюминиевых расплавов**

Андруцкий С.П., Немененок Б.М., Трибушевский Л.В., Румянцева Г.А.
Белорусский национальный технический университет

Все возрастающие требования к качеству литья уже не обеспечиваются простым переплавом шихты, и назрела необходимость усложнения технологий с введением дополнительных процессов улучшения качества расплава – глубокого рафинирования и модифицирования. При изготовлении сплавов из сплавов на основе алюминия используются вещества и реагенты, которые уже в исходном состоянии обладают токсичными свойствами по отношению к человеку и окружающей среде. Наиболее часто встречающимися токсичными выделениями при производстве алюминиевого литья являются пары металлов, газы и мелкодисперсная пыль. Для приготовления сплавов, особенно сложнoleгированных, используются легко окисляемые металлы, такие как Mg, Ti, Zn и другие. При получении расплава требуемого качества применяются различные рафинирующие препараты, которые при взаимодействии с металлами образуют вещества, легко уносимые дымовыми газами. Особенно осложняется ситуация при расположении цветнолитейных цехов непосредственно в городской черте, так как требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе населенных пунктов постоянно ужесточаются и для их соблюдения существующие способы очистки становятся экономически неоправданными.

Решение проблемы оздоровления экологической ситуации в цветнолитейном производстве может быть реализовано по нескольким направлениям.

Наиболее универсальными препаратами для модифицирования структурных составляющих доэвтектических и эвтектических силуминов являются быстроохлажденные лигатуры Al-Ti, Al-Zr, Al-Sc – для измельчения зерна α - твердого раствора кремния в алюминии и лигатура Al-Sr для сфероидизации включений эвтектического кремния.

Эффективной и достаточно экологичной является технология вдувания флюса в расплав в струе инертного газа с помощью вращающегося импеллера. В данном случае за счет сокращения расхода рафинирующего или модифицирующего препарата без ущерба качеству расплава минимизируются объемы вредных выбросов и их негативное воздействие на окружающую среду.

Известные способы обработки расплавов ультразвуком, вибрацией, электромагнитным полем оказывают модифицирующее действие только

на отдельные структурные составляющие и не обеспечивают комплексно го воздействия на структуру силуминов.

УДК 621.074.022

Влияние величины уклона и шероховатости поверхности стержня на противодействие съёму отливок

Михальцов А.М., Пивоварчик А.А.
Белорусский национальный технический университет

Усилия, возникающие при выталкивании отливки из пресс-формы обусловлены обжатием поверхностей охватываемых отливкой в результате усадки сплава при его затвердевании и охлаждении. Принято считать, что при выталкивании из пресс-формы отливка перемещается по поверхностям охватываемых поверхностей (стержней) и сопротивление выталкиванию обусловлено наличием сил трения между отливкой и охватываемыми поверхностями.

Цель работы – изучение влияния шероховатости и уклона технологической оснастки на противодействие съёму отливок.

При съёме затвердевающей отливки со стержня возможно пересечение образовавшегося профиля отливки с профилем стержня. Этот процесс моделировали используя стандартный пакет программного обеспечения «Компас» компании ASCON.

При перемещении профиля отливки относительно профиля стержня на некоторую длину в сторону съёма образуются зоны возможного взаимного пересечения и свободные зоны. С увеличением шероховатости поверхности стержня от $0,32 R_a$ до $1,25 R_a$ площадь зон взаимного пересечения поверхностей возрастает, вследствие большего числа максимальных выступов на поверхности стержня, по которым происходит деформационное торможение материала отливки. Увеличение литейного уклона стержня от 1° до 3° способствует скорейшему разделению контактирующих поверхностей. Так при угле стержня 1° разделение поверхностей происходит на длине участка в 100 мкм, при угле 2° – 70 – 80 мкм, а при угле 3° в промежутке 50 – 60 мкм.

Установлено, что площадь зон взаимного перемещения возрастает при перемещении отливки относительно стержня на 20...25 мкм, после чего наблюдается их уменьшение.

При перемещении на величину 50...100 мкм площадь зон взаимного пересечения, в зависимости от величины уклона, стремится к нулю.

Таким образом, силы противодействующие съёму отливки могут действовать на длине стержня не превышающей 0,1 мм

**Практическое исследование противозадирного действия смазок при
литье под давлением алюминиевых сплавов**

Пивоварчик А.А., Михальцов А.М.
Белорусский национальный технический университет

Использование противозадирных разделительных покрытий (смазок) при литье является неотъемлемой частью изготовления качественных отливок. Наиболее перспективными является использование водозмульсионных разделительных покрытий на основе минеральных синтетических масел.

Цель работы – практическое изучение работы разделительных покрытий на границе раздела отливка–стержень при литье под давлением.

Практическое исследование работы разделительных покрытий проводили на машине литья под давлением с холодной горизонтальной камерой прессования с использованием сплава АК12М2. Время выдержки запрессованного расплава до извлечения отливки из полости пресс–формы во всех случаях контролировалось с помощью реле времени и составляло 10 секунд.

В ходе проведения экспериментов использовали сменные металлические стержни (материал сталь 45) Ø10 мм и длиной 35 мм с шероховатостью 1,25, 0,63 и 0,32 R_a. Смазывание стержней осуществляли следующими составами разделительных покрытий, а именно, смазкой полученной на основе нефтепродуктов, а также смазкой на основе кремнийорганических веществ.

После запрессовки металла, стержень с обжимающей его отливкой удалялся из пресс–формы, после чего по поверхности контакта отливки и стержня производили разрез. Далее вырезанные образцы заливали пластиком с целью получения "таблетки", используемой для более качественного изготовления шлифов. Шлифы изготавливали на установке импортного производства FORCIPOL 1V (Grinder-polisher).

Использование смазки приводит к образованию зазора между отливкой и формой, различного по величине. Лучший результат получен при использовании смазки на основе кремнийорганических материалов. Полученный результат объясняется более высокой термостойкостью компонентов, входящих в состав смазки.

Таким образом, результаты исследований показали, что использование разделительных покрытий позволяет создать дополнительный зазор между отливкой и стержнем, что приводит к уменьшению вероятности образования задир.

Исследование влияния модифицирования барий-стронциевыми карбонатами на структуру и свойства стали 110Г13Л

Розум В.А., Задруцкий С.П., Бежок А.П.

Белорусский национальный технический университет

При производстве стали Гадфильда необходимо решать ряд моментов отрицательно влияющих как на технологические свойства, так и эксплуатационные:

1. Высокое содержание фосфора, вносимого в сталь с ферромарганцем, и как следствие выделение фосфидной эвтектики по границам зерен.
2. Выделение карбидов по границам зерен.
3. Рост зерна аустенита при высокой температуре.

Существенного улучшения первичной структуры стали можно достичь за счет операций комплексного раскисления и модифицирования.

Особый интерес в этом плане представляют барий-стронциевые карбонаты, широко применяемые в настоящее время для обработки различных качественных сталей.

По механизму воздействия на стали карбонаты относятся к комплексным материалам, они обладают эффектом раскисления, рафинирования, модифицирования и легирования.

Исследования влияния барий-стронциевых карбонатов проводили в литейном цеху «Белозерского энергомеханического завода» при выплавке стали 110 Г 13Л методом переплава. Для обработки использовали барий-стронциевый карбонат, имеющий следующий химический состав:

Массовая доля %							
SiO	BaO	CaO	SrO	Mg	CO ₂	Mn	Na ₂ O
24,8	16,0	21,5	5,5	0,9	18,0	0,2	1,5

Обработку стали барий-стронциевым карбонатом проводили в два этапа:

За 20 минут до слива металла из печи с зеркала металла скачивали шлак и засыпали на поверхность металла барий-стронциевый карбонат в количестве 0,35% от массы металла. После прекращения кипения ванны металла сливали металл в ковш.

При сливе металла в ковш и заполнении его на 1/3 емкости на желоб засыпали барий-стронциевый карбонат в количестве 0,35%. Разливку стали проводили при температуре 1500 С.

При обработке стали барий-стронциевыми карбонатами границы зерен уже в литом состоянии были практически чистые. Сетка карбидных включений имела вытянутую форму.

После обработки балл зерна 4-5, ударная вязкость 280-300 КДж/м.

Внепечная металлургия безжелезистых лигатур

Слуцкий А.Г., Калининченко А.С., Юхо Д.В., Гралько В.В., Молочко В.А.
Белорусский национальный технический университет

Расчеты показали, что энергия Гиббса для ряда металлотермических реакций имеет отрицательные значения, что свидетельствует о возможности восстановления этих металлов за счет алюминия. Что касается термичности, то ее значения колеблются от 1408 Дж/г для реакций восстановления свинца до 4700 Дж/г для молибдена.

Сопоставляя расчетные значения термичности смесей с рекомендациями Жемчужного (2300 Дж/г) можно сделать вывод о том, что без внешнего подогрева можно восстановить такие металлы как Fe, Ni, V, Cu, Mo, W, В, что касается Cr, Ti, Zn, Si, Mn, Pb, то для их эффективного восстановления требуется подогрев смеси.

Были проведены эксперименты по алюминотермическому восстановлению Fe, Ni, Cu, Cr, Si из оксидов. Анализ полученных результатов показал, что процесс восстановления железа, никеля, и особенно меди протекал очень бурно, при этом наблюдался выброс продуктов реакции за пределы тигля, что, в свою очередь, отразилось на металлургическом выходе.

Ввиду невысокой термичности смеси процесс восстановления титана и вольфрама вообще не пошел, а по хрому реакция протекала не очень активно, что не позволило получить слиток металла.

На следующем этапе исследований были рассчитаны термичности смесей различных комбинаций трудно- и легковосстанавливаемых оксидов и проведены эксперименты по алюминотермическому получению безжелезистых лигатур системы хром-медь

Установлено, что при содержании в смеси до 30% оксида меди выделить металлическую фазу из продуктов металлотермической реакции не представилось возможным, из-за недостаточно высокой термичности. При наличии в составе смеси 40-50 % оксида меди удалось получить в тигле металлическую лигатуру хром-медь, при этом процесс восстановления протекал очень активно, что позволило обеспечить достаточно высокий металлургический выход (80-82 %). Таким образом, в результате проведенных экспериментов и анализа характера протекания восстановительных процессов установлено, что оптимальное процентное соотношение оксида хрома и оксида меди в алюминотермической смеси обеспечивающее максимальный металлургический выход должно составлять соответственно 60:40.

**Анализ процессов восстановления свинца из химических соединений,
входящих в состав отработанных аккумуляторных батарей**

Чанов А.Б., Довнар Г.В.

Белорусский национальный технический университет

Из наиболее эксплуатируемых цветных металлов в мире свинец занимает четвертое место после алюминия, меди и цинка, а доля вторичного свинца составляет 37,4 % относительно общего объема свинца. В Республике Беларусь образуются лом и отходы свинца, причем аккумуляторный лом составляет в общем объеме более 70%. Стоимость свинца, полученного из вторичного сырья примерно на 30-40% ниже первичного.

Цель работы – оптимизация технологии металлургической переработки использованных свинцовых аккумуляторов.

Аккумуляторный лом является сложным сырьем и требует деления на 3 продукта (металл, металлосодержащий шлак и органика). Проведение этой операции в начале металлургической переработки позволяет не только улучшить производственные показатели и уменьшить вред, наносимый окружающей среде, но и получить товарный продукт (органика), используемый в строительстве и других отраслях народного хозяйства.

Переработка лома свинцовых аккумуляторов в основном осуществляется по двум направлениям: гидрометаллургия и пирометаллургия. Продуктом гидрометаллургии служит, как правило, полуфабрикат, требующий пирометаллургического передела в чистый металл либо сплав. В свою очередь продуктом одного технологического процесса пирометаллургии может являться товарная продукция в виде слитков либо отливок.

Так как свинцовый сплав, полученный из вторичного сырья, может не соответствовать требованиям потребителя, то необходимо доведение химического состава до требуемого. Для этого в расплав одни элементы вводят, а от других расплав рафинируют. Процесс рафинирования проводят непосредственно в плавильном агрегате либо расплав в жидком виде перекачивают в рафинировочную печь и там проводят рафинирование.

Далее приводится список удаляемых примесей и способы их удаления: медь - ликвация серой; олово, мышьяк, сурьма - окисление воздухом, щелочами; серебро – цинком; цинк - окисление воздухом, щелочами, хлорированием; висмут - кальцием и магнием, электролизом.

Получение экономической прибыли от техпроцесса определяется такими основными показателями, как стоимости сырья и готовой продукции.

Предварительные результаты, полученные в лабораторных условиях, свидетельствуют о том, что используемые в стране техпроцессы переработки аккумуляторного лома могут быть существенно улучшены.

Использование блочных носителей для нейтрализации концентрированных органических выбросов с использованием процесса низкотемпературного каталитического горения

Ломоносов В.А. *, Сморгыо О.Л. **, Панасюгин А.С., Ромашко А.Н. **

Белорусский национальный технический университет.

*Белорусский государственный университет

**ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси

Проблема нейтрализации летучих органических соединений (ЛОС) в вентиляционных выбросах промышленных предприятий до сих пор не теряет своей актуальности. При низких концентрациях ЛОС наиболее перспективным и эффективным подходом к решению данной проблемы, на наш взгляд, является использование сорбционно-каталитических методов: сначала производится концентрирование органических примесей на сорбенте, а затем – их каталитическое окисление. Однако, в случае относительно высоких концентраций ЛОС $0,5-5,0 \text{ г/м}^3$ такая схема малоэффективна из-за ограничений, связанных с сорбционной емкостью сорбентов. Одним из вариантов может быть каталитический дожим ЛОС на катализаторах блочного типа, которые позволяют обрабатывать высокоскоростные потоки (до 10^5 л/ч) при малых перепадах давления. Рядом авторов было показано, что в высокоскоростных экзотермических процессах определенными преимуществами обладают блочные катализаторы с ячеистой структурой, которые обеспечивают наиболее интенсивный тепло- и массообмен при прохождении газового потока и, как следствие, более высокие допустимые нагрузки на катализатор.

Было установлено, что оба носителя различной природы (и пенометалл, и пенокерамика) обеспечивают достаточно низкие перепады давления при обработке высокоскоростных потоков, хорошую адгезию нанесенного каталитически активного покрытия, высокую степень конверсии на начальных стадиях.

В ходе экспериментов установлено, что пенометаллический носитель оказался недостаточно химически устойчивым в исследуемой среде и активно взаимодействовал с продуктами разложения этилацетата с образованием на поверхности соединений никеля, блокирующих активные каталитические центры.

Показано, что при высоких концентрациях ЛОС $\sim 2,5-5,0 \text{ г/м}^3$ возможно установления процесса автокаталитического окисления органических примесей.

**Экологические аспекты использования отработанных
индустриальных масел в качестве альтернативного топлива**

Михалап Д.П., Ходин В.В.*, Монтеро А.В., Панасюгин С.А.

Белорусский национальный технический университет

*РУП БелНИЦ «Экология», г. Минск

В настоящее время имеются определенные трудности в обеспечении углеводородным сырьем предприятий энергетического комплекса.

В качестве альтернативного источника углеводородного сырья могут служить отработанные моторные и индустриальные масла.

В ходе исследований, проведенных специалистами БНТУ и РУП БелНИЦ «Экология» установлено, что в Республике в год образуется порядка 13,0-15,0 тысяч тонн в год.

При изучении теплотворной способности отработанных масел показано, что они по данному показателю сопоставимы с некоторыми видами печных топлив.

Вместе с тем, в процессе анализов было выявлено следующее: нежелательно использование в качестве топлива углеводородосодержащих отходов, в которых присутствуют галогены, полихлорированные дифенилы и терфенилы, а так же отходов, для которых установлен I и II класс опасности.

В процессе работы установлено, что имеется возможность добавлять углеводородосодержащие отходы к основному топливу (мазуту, печному топливу, дизельному топливу). Количество данных добавок может достигать до 30-40% от объема сжигаемого топлива без ухудшения его качества. В качестве модельной системы использовали печь шахтного типа, которую нагревали до температур 400 °С, 600 °С и 800 °С. При указанных температурах печь выдерживали 2 часа, затем помещали навеску образца и подводили воздушное дутье. Навески и объемный расход воздуха подбирали таким образом, чтобы коэффициент избытка воздуха был не менее чем 1,5.

Пказано, что возможно использование углеводородосодержащих отходов на установках, обеспечивающих высокотемпературное сжигание (с температурой в горячей зоне не ниже 850 °С в течение не менее 2 секунд). Для снижения массовой доли воды в углеводородосодержащих отходах или смесях с основным топливом опытно-промышленным регламентом должно быть предусмотрено применение специальных методов обезвоживания или кавитационной обработки.

Комплексное использование металлооксидных групп для нужд литейного производства Республики Беларусь

Панасюгин А.С., Слуцкий А.Г., Григорьев С.В.
Белорусский национальный технический университет

В процессе производства образуется значительное количество шлаков, отработанных катализаторов и гальваношламов, в которых содержание соединений цветных металлов гораздо выше, чем в исходных рудах используемых для их получения. Данное обстоятельство вызывает несомненный интерес к процессам переработки и повторного использования вышеуказанных материалов в качестве основы для получения легирующих материалов.

Целью данной работы являлось проведение термодинамической оценки эффективности легирования через шлаковую фазу и рассчитать степень восстановления соединений таких металлов как Cu, Ni, Cr, Zn и Sn.

Жидкие стали и чугуны ввиду высоких температур и наличие активных к кислороду элементов (C, Si, Mn) могут эффективно восстанавливать в ходе плавки элементы шлаковой фазы. Результаты термодинамических расчетов для $T = 1673$ К приведены в таблице.

№, п/п	Реакция восстановления элемента через шлаковую фазу	ΔG , дж/моль	Константа реакции, K	Коэффициент распределения, L	Степень восстановления Φ , %
1	$Cr_2O_{3\text{тв}} + 3[C]^{Fe} = 2[Cr]^{Fe} + 3CO$	753783-448T	0,041	25	37,0
2	$NiO_{\text{тв}} + [C]^{Fe} = [Ni]^{Fe} + CO_{\text{г}}$	98186-173T	$8,9 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^{-6}$	99,9
3	$CuO_{\text{тв}} + [C]^{Fe} = [Cu]^{Fe} + CO_{\text{г}}$	8197-179T	$5,7 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^{-5}$	99,9
4	$TiO_{2\text{тв}} + 2[C]^{Fe} = [Ti]^{Fe} + 2CO_{\text{г}}$	608038-301T	0,005	568	2,5
5	$V_2O_{3\text{тв}} + 3[C]^{Fe} = 2[V]^{Fe} + 3CO_{\text{г}}$	753783-448T	0,69	3,6	73,5

Расчетная степень восстановления исследуемых элементов составляет от 30 до 100%. Таким образом, проведенные исследования позволяют разработать способы использования отходов для получения металлов лигатур и экономнолегированных сплавов.

Способы подготовки полупродуктов к металлургической переработке

Римашевский С.Л., Григорьев С.В., Михалап Д.П., Иванов Д.Э.
Белорусский национальный технический университет

Характерной чертой гальванического производства является вовлечение в технологический процесс значительного количества цветных металлов. Часть используемых материалов частично переходит в готовую продукцию, частично – в отходы, в большинстве случаев имеющих жидкое агрегатное состояние.

В ходе исследований было установлено, что ряд шламов даже после прокаливания при достаточно высоких температурах обладают повышенным влагопоглощением в первую очередь это шламы, образующиеся при осаждении травильных растворов известковым молоком сточных вод производства печатных плат с использованием соляной кислоты в качестве реакционной среды.

Химический состав может оказывать сильное влияние на способы переработки гальванических шламов с целью последующего применения для нужд литейного производства. В ходе проведения исследований было установлено, что ряд материалов после стадии сушки активно сорбируют атмосферную влагу, увеличивая массу до 15%, что приводило к образованию конденсированной влаги на поверхности образцов. Данный эффект сохранялся для образцов, прокаленных при всех технически возможных температурах - 300, 500, 700, 900 °С и не зависел от времени прокаливания. Поскольку ввод в высокотемпературную зону плавильной печи столь обводненного продукта чреват значительным парообразованием и взрывом, необходимо предпринимать шаги к устранению этого негативного явления.

Для выяснения причин столь бурного влагопоглощения были проведены работы по определению удельной поверхности, химического и фазового состава осадков травильных растворов.

Сопоставив данные, полученные вышеуказанными методами был сделан вывод о том, что соединения меди, железа и алюминия представлены соответствующими гидроксидами, карбонатами, хлоридами и смешанными солями.

Проведенные исследования позволили установить причину повышенного влагопоглощения, которая выражалась в наличии следующих соединений - CaCl_2 , $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, определить их примерное количество.

Применение молекулярных сит для концентрирования органических загрязнений

Сморыго О.Л.**, Ломоносов В.А*., Ромашко А.Н.**, Панасюгин С.А.

Белорусский национальный технический университет

*Белорусский государственный университет

** ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси

Развитие промышленного производства, использующего органические растворители, порождает проблему, связанную с предотвращением их воздействия на окружающую среду.

Анализ литературных данных показал, что для решения поставленной задачи представляют интерес в качестве адсорбционной составляющей материалы на основе цеолитов.

Для исследований был выбран цеолит марки NaX.

Целью данной работы являлось определение динамических сорбционных характеристик цеолита NaX по отношению к различным типам соединений (предельные углеводороды изомерного, нормального и циклического строения, ароматические углеводороды, одно и многоатомные спирты, кетоны, альдегиды, амины и эфиры уксусной кислоты). Определение оптимальной высоты сорбционного слоя при проведении процесса сорбции в динамическом режиме, а так же скорости газо-воздушного потока при котором, сорбция органических растворителей наиболее эффективна.

В ходе выполнения данной работы определены значения динамической сорбционной емкости цеолита марки NaX промышленного производства по отношению к 29 сорбатам, относящимся к различным классам органических соединений - n-алканы; циклические алканы; производные бензола; одноатомные спирты; производные пропилового спирта; эфиры уксусной кислоты и др.

Показано, что на динамическую емкость в ряде случаев определенным образом оказывает влияние изомерия углеводородного скелета.

Установлено, что оптимальной скоростью фильтрации, очищаемого воздуха является скорость 0,5-1,0 м/с. Высота слоя сорбента около 20 см.

Изучена на примере технической смеси Р646 эффективность очистки газо-воздушной смеси от органических загрязнителей различных классов. В ходе эксперимента процент сорбции при оптимальных условиях составил 99,1 %.

Решение проблемы получения адекватных компьютерных моделей литейных процессов

Арабей А.В., Лущик П.Е.

Белорусский национальный технический университет

Компьютерные технологии получили широкое распространение при решении задач, связанных с разработкой прогрессивных технологических процессов литейного производства. Использование методов компьютерного моделирования с целью получения данных о процессах заполнения, затвердевания и образования дефектов в отливках сложной геометрии обеспечивает существенное снижение трудоемкости и материальных затрат, связанных с разработкой конкретного технологического процесса. Однако трудности учета геометрии отливки и определения теплофизических свойств многокомпонентных сплавов во многих случаях приводят к усложнению процесса моделирования и снижению адекватности получаемых результатов.

Наиболее важным этапом для получения адекватных компьютерных моделей является этап задания свойств материалов, начальных и граничных условий. На практике, как правило, используемые для моделирования литейных процессов данные вводятся с помощью встроенных в программы баз данных. Эти данные в большинстве случаев характеризуют свойства сплавов в равновесном состоянии без связи с реальной технологией. Однако затвердевание реальных сплавов представляет собой сложный процесс, протекающий при неравновесных условиях, которые значительно влияют на результаты моделирования. В работе предлагается использовать данные компьютерного термического анализа (КТА) для получения адекватных компьютерных моделей затвердевания многокомпонентных сплавов.

В результате анализа существующих моделей расчета твердой фазы установлено, что наиболее перспективным методом компьютерного анализа выделения твердой фазы является использование математических моделей, не требующих применения справочных и подгоночных данных. Реализация указанного метода позволила авторам работы установить закономерности влияния факторов металлургической наследственности и температурной обработки расплавов на процесс затвердевания литейных алюминиевых сплавов при фазовых переходах с использованием разработанного микропроцессорного комплекса для ТА с высоким разрешением по температуре и времени.

Компьютерный анализ фазовых превращений в алюминиевых сплавах с учетом металлургической наследственности

Рафальский И.В., Арабей А.В.

Белорусский национальный технический университет

Методы термического анализа широко используются как в научных целях для исследования фазовых превращений и определения теплофизических свойств материалов, так и для решения различных практических задач.

На практике термический анализ кривой охлаждения пробы расплава часто применяется для оценки эффективности модифицирующей и рафинирующей обработки расплавов, экспресс-анализа химического состава, прогнозирования структуры и свойств сплавов.

Литейные алюминиевые сплавы являются сложными многофазными системами, в состав которых могут входить также неметаллические примеси и растворенные газы. При этом механические и эксплуатационные свойства отливок из этих сплавов прежде всего зависят от фазового состава и морфологии фаз сплава.

Основными факторами, влияющими на процесс формирования кристаллической структуры и свойств литейных алюминиевых сплавов, являются не только состав сплава, но также исходное состояние шихтовых материалов, температура и длительность периодов плавления и выдержки сплава в печи, возможность протекания окислительно-восстановительных процессов при плавке и др., т.е. факторы так называемой металлургической наследственности.

В работе было изучено влияние температурной обработки и исходной структуры шихты заэвтектических силуминов на процесс кристаллизации с использованием компьютерного термического анализа (КТА) и морфологию образующихся при затвердевании фаз (α Al-твёрдого раствора, (Al+Si)-эвтектики, кристаллов первичного кремния). Установлено, что на процесс формирования кристаллической структуры заэвтектических силуминов оказывает влияние не только исходная структура шихты, но и температурная предыстория выплавки.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования метода КТА как для исследования фазовых превращений в литейных алюминиевых сплавах с учетом влияния факторов металлургической наследственности, так и в качестве средств контроля при производстве отливок.

**Порошковая металлургия,
сварка и технология
материалов**

Методические особенности преподавания специальных дисциплин по специальности «Оборудование и технология сварочного производства»

Снарский А.С.

Белорусский национальный технический университет

Для большинства специальных дисциплин целесообразным становится применение неклассических методов проведения лекционных занятий. Одним из видов таких занятий является проведение лекций в виде нетрадиционных семинарских занятий, т.е. с использованием «семинар-технологии». Методологические особенности проведения которых изложены ниже.

Одним из главных условий проведения лекций с использованием «семинар-технологии» является обязательное наличие либо конспекта лекций (изданного или в электронном виде), либо хорошего учебника именно по данной дисциплине. На каждую последующую лекцию преподаватель задает студентам к рассмотрению и проработке определенную тему (рассмотренную в указанных выше конспекте лекции или учебнике). В начале занятия преподаватель узнает у студентов, все ли было понятно в рассматриваемой теме. При этом, если возникают вопросы, первично следует попросить на них ответить кого-либо добровольно вызвавшегося из числа студентов (как правило, в каждой группе найдется один или несколько человек с более высоким интеллектуальным уровнем). Самому же преподавателю следует корректировать ответ (по мере необходимости) и обязательно совместно со студентами обобщить полученную информацию, сделав вывод. Следующим этапом преподавателем задаются вопросы по рассматриваемой теме, так в течение одного занятия в обсуждении вопросов по рассматриваемой теме может принять участие практически каждый из присутствующих студентов.

Предлагаемый метод эффективен также с учетом повышения объективности оценки каждого студента на экзамене, т.к. на экзамен каждый студент приходит уже с несколькими оценками, полученными за определенные темы лекционных занятий. Также к концу курса лекций преподаватель располагает максимально объективной информацией о понимании материала как группой в целом, так и каждым по отдельности, что позволяет корректировать содержание и объем рассматриваемого материала. Указанная методика преподавания показала свою эффективность при подготовке студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» по ряду специальных дисциплин.

Влияние теплофизических параметров на изменение структур серых чугунов при получении отливок и сварных швов

Кучерявый А.Г., Кучерявый Д.В.

Белорусский национальный технический университет

При сварке имеем условия нестационарного теплообмена взаимосвязанных сред. При сварке способами термического класса сварки имеются различные технологические условия. С одной стороны сварного шва мы имеем сам материал – чугун. С другой стороны - окружающую среду – воздух, шлаковое покрытие, защитный газ. При таких условиях формирования металла шва регулируемым параметром является радикально влияющий параметр – температура объекта сварки и окружающей среды, при которых значительно изменяется коэффициент тепловой активности $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$ взаимосвязанных сред. В зависимости от температуры в значительной степени изменяются теплоемкость «с», теплопроводность «λ», температуропроводность «а» при практически одном и том же значении плотности окружающей среды и самого чугуна.

В опытах использовались чугунные отливки ферритно-перлитной структуры марок СЧ15, СЧ21, толщиной 18-20мм. По техническим требованиям твердость отливок не должна превышать 189-246 НВ. Перед сваркой место сварки (наплавки, заварки) нагревали интервально через 20-50 градусов до температуры 800°С. Температуры измерялись хромель-алюмелевыми термопарами на электронном потенциометре ЭПП-09М. Объекты сварки охлаждались на воздухе до температур окружающей среды. При ручной дуговой сварке использовались электроды Св08 с основным покрытием. Контроль качества сварного шва и околошовной зоны проводился измерением твердости на приборе Бринелля и методом Полюди. Твердость металла шва составила 110-170 НВ, твердость околошовной зоны получалась не выше 234-245 НВ. Для таких показателей твердости в месте сварки чугунных отливок оказывалась достаточной температура предварительного нагрева места сварки газовыми горелками в пределах 80-280°С. При этом коэффициент тепловой активности чугуна в месте сварки соответствует $b = 1.395 + 2.375 \cdot \frac{\text{кВт} \cdot \text{сек}^{3/2}}{(\text{м}^2 \cdot \text{град})}$. В песчано-глинистой литейной форме

$c \quad b = 1.2 + 4 \cdot \frac{\text{кВт} \cdot \text{сек}^{3/2}}{(\text{м}^2 \cdot \text{град})}$, также получается ферритно-перлитный,

перлитно-ферритный серый чугун твердостью до **189 → 246 НВ** без отбела

Анализ методов ввода комплексного модификатора с целью ликвидации транскристаллизации в отливках из высокохромистого чугуна

Урбанович Н.И., Комаров О.С., Нисс В.С., Волосатиков В.И.,
Комаров Д.О., Проворова И.Б., Лившиц Г.Ф.
Белорусский национальный технический университет

Склонность высокохромистых чугунов (ВХЧ) к транскристаллизации является основной причиной низких показателей по ударной вязкости. С целью ликвидации транскристаллизации в ВХЧ использовали метод модифицирования.

Известно, что хороший эффект получен при использовании комплексного модификатора, состоящего из $Al+B+Bi+SiCa$. Но бор и висмут являются дефицитными и дорогими металлами. На ряде смежных отраслей образуется большое количество отходов, содержащих эти элементы в чистом виде или в виде соединений. К таким отходам относится и отработанный висмут-молибденовый катализатор, в котором висмут и молибден находятся в виде оксидов. В связи с вышесказанным произвели замену чистого висмута и бора в комплексном модификаторе висмут-молибденовым отработанным катализатором. Для изучения характера макроструктуры и установления взаимосвязи со свойствами сплава служили литые образцы на ударную вязкость, которые получали методом литья по газифицируемым моделям (ЛГМ). Учитывая специфику литья ЛГМ, модификаторы вводили несколькими способами, в том числе: непосредственно в полистирольную модель, на поверхность модели, в виде вставок в литниковую систему и в ковш. Лучший результат по ликвидации транскристаллизации в отливках получили при вводе комплексного модификатора непосредственно в ковш. Остальные способы ввода не дали стабильных результатов.

Анализ значений ударной вязкости показал, что устранение транскристаллизации позволило повысить ударную вязкость почти в 2 раза, а оксиды висмута и молибдена, входящие в состав отработанных катализаторов могут быть успешно использованы в качестве модификаторов для устранения транскристаллизации в отливках из хромистых чугунов.

Вывод: так как ковшевое модифицирование позволило получать более стабильные результаты по устранению транскристаллизации в отливках из ВХЧ, полученных ЛГМ, можно рекомендовать данный метод ввода для комплексного модификатора на основе отработанного висмут-молибденового катализатора.

**Вертикальное полунепрерывное литьё заготовок
из алюминиевых сплавов**

Демченко Е.Б., Симонов Л.Е.

Белорусский национальный технический университет

Технологический процесс вертикального полунепрерывного литья сплошных заготовок диаметром 0,178 м и длиной 6,3 м из алюминиевых сплавов марки EN AW-6063, предназначенных для получения профилей последующей обработкой давлением, разработан и внедрён в производство в условиях участка непрерывного литья совместного белорусско-российского предприятия группа компаний «АЛЮТЕХ».

При разработке технологического процесса были выполнены исследования процессов теплопередачи, затвердевания и охлаждения алюминиевой отливки в графитовом кристаллизаторе и за его пределами, которые послужили основой для расчёта тепловых и технологических параметров литья.

Значения толщины корки в разные моменты времени формирования отливки, а также толщину корки на выходе отливки из кристаллизатора рассчитали для следующих параметров литья: скорость вытяжки $w=0,00192$ м/с, температура заливки $T=745^\circ\text{C}$, скорость течения охлаждающей воды $w_0=0,82$ м/с. Параметры разогрева отливки m пределами кристаллизатора: максимальную температуру разогрева отливки $T_{п,макс}$, время разогрева $t_{раз}$ и расстояние от нижнего торца кристаллизатора до опасного сечения $l_{раз}$, рассчитали используя результаты расчёта кинетики затвердевания.

Проведенные исследования и расчёты технологического процесса позволили определить возможности способа вертикального непрерывного литья и ограничения, накладываемые на предельную скорость вытяжки отливки термическими и прочностными факторами.

Установлено, что процесс литья можно осуществлять с предельно допустимыми скоростями, которые превышают скорость вытяжки отливки по заводской технологии практически в два раза, а положение устройств системы вторичного охлаждения, согласно расчётам, не соответствует оптимальным параметрам процесса охлаждения отливки.

Внедрение разработанного технологического процесса позволило повысить производительность установки вертикального полунепрерывного литья за счёт повышения скорости вытяжки отливки на 10...15 % и корректировки расположения системы вторичного охлаждения по сравнению с базовой технологией, что, в свою очередь, привело к снижению себестоимости 1 тонны алюминиевого литья.

Получение лент с мелкокристаллическим поверхностным слоем методом интенсивного сдвига при волочении с прокаткой

Шиманович И.М.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время все большее распространение находят технологические процессы создания материалов с особым комплексом свойств на поверхности (высокой износостойкостью, прочностью, жаростойкостью и коррозионной стойкостью). Данный комплекс физических, механических и химических свойств характерен для мелкодисперсных структур металлов.

В Белорусском национальном техническом университете разработаны способы поверхностной деформации лент волочением между вращающимися валками с заданной скоростью относительного перемещения поверхностей лент и валков (волочение с прокаткой).

Данные способы основаны на реализации интенсивного сдвига в поверхностных слоях и на том, что работа деформации при любом волочении повышает энтальпию металла. В результате происходит нагрев, с одновременным пластическим деформированием и последующим быстрым охлаждением за счет отвода тепла из относительно тонких поверхностных слоев вглубь металла. При этом на обрабатываемой поверхности образуются мелкодисперсные слои, имеющие микроструктуры мелкоигльчатого (мелкопластинчатого) мартенсита и остаточного аустенита с высокодисперсными карбидами. Дисперсность мартенсита (средний размер игл) в среднем на 2...3 балла выше, чем дисперсность мартенсита обычной закалки. Размер зерна аустенита в среднем на порядок меньше величины зерна аустенита обычной закалки, а размеры карбидов – в 2...3 раза меньше. При этом в доэвтектоидных сталях дисперсность меньше, в эвтектоидных и заэвтектоидных, а также в легированных сталях дисперсность больше.

Полученные данным методом поверхностные слои имеют высокие микротвердость, коррозионную стойкость, благоприятные электрохимические характеристики и остаточные напряжения сжатия, повышенные вязкость и сопротивление зарождению и росту коррозионных трещин.

Установлено, что в зависимости от условий протекания процесса, свойства получаемых слоев могут отличаться между собой, а также отличаться от свойств исходного металла. Таким образом, изменяя параметры обработки, можно получать поверхностные слои с заданными свойствами.

Уплотнение порошков реакционным спеканием под давлением

Ковалевский В.Н.¹, Керженцева Л.Ф.¹, Фомихина И.В.², Григорьев С.В.¹
Белорусский национальный технический университет¹;
ГНУ «Институт порошковой металлургии»²

Реакционное спекание карбида кремния в твердой фазе из простых элементов (кремния и углерода) протекает в тонких покрытиях при низких температурах. В работе представлен вариант создания дисперсных композиционных материалов с агрегатной структурой, в котором упрочнение осуществляют не за счет дисперсных частиц, размещенных по границам зерен, а путем создания по границам зерен сплошной прослойки (до 100 нм) SiC под давлением, создаваемым тепловым расширением металлических частиц основы. Дилатометрические исследования изменения линейных размеров уплотненного порошка – композита (на примере железного порошка ПЖРВ2 с тонкопленочным покрытием из смеси $Si+C$, полученной магнетронным распылением катода из кремния и графита), позволил установить диапазон температур (750 – 800°C) реакционного спекания $Si+C=SiC$. Уплотнение материала происходило за счет теплового расширения железных частиц, подпрессованных низким давлением в кварцевой трубе дилатометра, при нагреве до 1000°C. Последующее охлаждение устраняет тепловое расширение, создавая определенный уровень остаточных напряжений. Процесс уплотнения приводит к взаимодействию покрытий контактирующих частиц с образованием зерен, на границах которых формируется прослойка из SiC за счет эндотермической реакции в твердой фазе, что приводит к уменьшению объема покрытия. Создаваемые при этом остаточные напряжения компенсируются снятием теплового расширения при охлаждении. Установлено, что композит после нагрева в дилатометре до 1000°C имел зернистую структуру с размером зерна 0,04 мм и прослойку SiC толщиной 100 нм, пористость 10 – 15% обладал микротвердостью по Кнуппу 126 кгс/мм², прочность на сжатие 126,5 МПа. Повторный нагрев до 1000 и 1200°C приводит к росту прослойки за счет растворения в ней железа, что снижает прочность до 78,3 и 63,1 МПа. Использование слоистого покрытия металлических частиц ($Si+C$), Al способствовало снижению температуры спекания SiC до 400 – 680°C. Уплотненный композит после нагрева до 1000°C имел зернистую структуру с размером зерна 0,04 мм и прослойку SiC толщиной 100 – 150 нм, пористость 7 – 10% обладал микротвердостью по Кнуппу 109,3 кгс/мм², прочность на сжатие 139,3 МПа. Повторный нагрев до 1000 и 1200°C приводит к росту прослойки за счет растворения в ней железа, что снижает прочность до 86,8 и 41,9 МПа.

Способ электрохимической обработки отверстия

Кособуцкий А.А., Нисс В.С., Минченя В.Т., Королев А.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Способ относится к электрохимической обработке металлов и может быть использован в автомобилестроении при изготовлении деталей гидроаппаратуры для финишной обработки каналов сложной формы или изогнутых отверстий в изделиях из металлов и сплавов. При изготовлении медицинского инструмента и оборудования, в том числе направляющих отверстий гибких ультразвуковых волноводов, применяемых для разрушения тромбов. Способ электрохимической обработки отверстий, включает обработку электродом-инструментом, перемещаемым вдоль обрабатываемой поверхности, с одновременной подачей электролита.

Для реализации метода используют электрод-инструмент, выполненный в виде струны, состоящей из гибкого электрода снабженного пористой электроизолирующей оболочкой, при этом струну пропускают через электролит, к которому подведен отрицательный потенциал. Струне и обрабатываемой поверхности сообщают относительные перемещения по заданной траектории.

Способ реализуется в устройстве, которое включает металлическую ванну с раствором токопроводящей жидкости. В ванне установлены натяжные ролики. К ванне подведен отрицательный полюс источника питания. Струна охватывает натяжные ролики и шкив, установленный на приводе вращения. Привод вращения обеспечивает реверсивное перемещение с переменной скоростью струны в отверстии изделия, к которому подведен положительный потенциал. Изделие закреплено на подвеске механизма перемещения. Струна представляет собой в сечении сплошную пористую нить с ворсом или струна может быть снабжена гибким центральным электродом. Струна (пористая, ворсистая нить с высоким коэффициентом смачиваемости) проводится сквозь отверстие в изделии, охватывает шкив, ролики и соединяется. Включается привод и струна начинает перемещаться сквозь отверстие в реверсивном режиме.

Взаимодействие находящегося на струне раствора, несущего отрицательный потенциал с поверхностью отверстия изделия, подключенного к положительному полюсу источника питания, приводит к электрохимическому растворению материала изделия, формируя полированную поверхность отверстия. При этом наиболее интенсивный съём наблюдается на входе и выходе из отверстия, так как в этих зонах имеет место максимальная разность потенциалов между струной и поверхностью отверстия.

Методика определения состава композиционного материала алмаз-карбид кремния, полученного реакционным спеканием

Ковалевский В.Н., Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет

Модифицирование материала “Скелетон-Д”, выполненное в работе, заключается в уменьшении доли свободного кремния, устранении химического взаимодействия углерода алмаза с жидким кремнием путем создания на поверхности кристаллов алмаза слоистого нанопокрyтия.

В процессе взаимодействия при реакционном спекании жидкого кремния с пиролитическим углеродом, нанесенным на поверхность порошковых ультрадисперсных частиц алмаза, происходит образование карбида кремния. При этом существенную роль играют объемные изменения, связанные с образованием карбида кремния. Объемное изменение в композиционном материале связано с изменением кристаллохимических параметров структуры при образовании SiC из жидкого Si и углерода. Если углерод в процессе реакции полностью переходит в SiC то, с учетом объема элементарных ячеек компонентов, произойдет изменение объема. Для формирования полуфабриката использовали фенолформальдегидную смолу (ФФС) в пределах 4-12% от массы алмаза (для малых кристаллов-12%). Для заполнения пор и формируемого каркаса из ACM 14/10 использовали частицы SiC и ACM1/0 (все частицы покрыты слоем Si+C и пиролитическим C). В результате реакционного спекания образуется матрица из SiC.

Итак, в состав шихты входят: ACM14/10, ACM1/0 (покрытые слоистым нанопокрyтием), частицы SiC и Si. Покрытие содержит пиролитический углерод (количество задается временем пиролиза частиц шихты и размером частиц), который должен обеспечить образование карбида кремния не только в защитном слое алмаза, но и образование карбидокремниевый каркаса при реакционном спекании. Известно, что при реакции сумма элементарных объемов Si+C меньше образовавшегося карбида кремния в 1,39 раза, что учитывается в окончательных размерах полуфабриката. Уменьшение размеров слоя создает сжимающие напряжения в слоистом покрытии, что улучшает свойства материала. Количество частиц SiC определяется остаточной пористостью после удаления ФФС с учетом образования при реакционном спекании карбидокремниевой матрицы. Для расчета шихты разрабатывается программа, в которой будут учтены изменения размеров на стадии получения полуфабриката, соотношение компонентов при заданном объемном содержании ACM14/10.

Получение из отходов твердого сплава плакированного бронзой порошка

Афанасьев Л.Н., Горанский Г.Г., Григорьев С.В., Лецко А.И.
Белорусский национальный технический университет

Исследовано влияние технологических параметров диспергирования в агитаторах (массы размольных тел M и шихты m , объем рабочей камеры V , скорость вращения импеллера v , время помола t) на интенсивность измельчения твердосплавной стружки, являющейся частью отходов РУП ЛМЗ. Элементный состав исходного материала соответствует сплаву ВК6.

Стружка (начальные размеры 3-6 мм) начинает интенсивно дробиться уже через 5 мин. помола в ацетоне. Гранулометрический состав шихты в зависимости от режимов измельчения приведен в таблице 1.

Таблица 1 Гранулометрический состав шихты ВК6

V, л	M, кг	m, кг	v, об/мин	t, час	Грансостав, г			
					-40	+40-63	+63-94	+94
4,5	10	1	350	1	690	70	130	70
			250	0,5	170	50	70	700
			250	1	330	150	50	450
40	30	6	190	2	850	670	1130	3270
			190	2,5	1400	850	1270	2410
			250	1,5	2550	900	830	1630
			500	1,5	4560	410	450	520

Помол шарами из стали ШХ15 сопровождался равномерным обогащением содержания в шихте железа (до 2,6 вес.%), чего не происходило при использовании шаров из ВК4. Окисления шихты в процессе диспергирования не зафиксировано. Форма частиц – осколочная.

После сушки полуфабриката в него вводили до 5 вес.% порошка бронзы БрОФ10-1 с размером частиц – 40 мкм. Сухой помол в течение 0,5 часа сопровождался интенсивным измельчением частиц бронзы до 2-3 мкм и плакированием ими поверхности частиц ВК6 (средний размер последних при этом практически не менялся). Степень плакирования достигала до 38%. Разделения частиц со временем не происходило.

Полученные порошки спекали электроконтактным методом. Плотность спеченного материала 14,6 г/см³, твердость HRA 84,5, работа разрушения 18 МДж/м³. Режимы спекания не оптимизированы, однако уже достигнутый уровень свойств материалов доказывает перспективность их промышленного использования, в частности, при изготовлении фильер для правки строительной арматуры.

Исследование материалов с использованием системы анализа структуры и текстуры материалов методом дифракции отраженных электронов EBSD HKL Channel 5

Нисс В.С., Григорьев С.В.

Белорусский национальный технический университет

Для получения картин дифракции отраженных электронов (ДОЭ) с помощью растрового электронного микроскопа полированные образцы наклоняют под углом около 70 градусов по отношению к падающему пучку электронов. Электронный зонд направляют в интересующую точку на поверхности образца и упругое рассеяние падающего пучка вынуждает электроны отклоняться от этой точки непосредственно ниже поверхности образца и налетать на кристаллические плоскости со всех сторон. В тех случаях, когда удовлетворяется условие дифракции Брэгга для плоскостей атомов решетки кристалла, образуются конусообразные пучки дифрагированных электронов для каждого семейства кристаллических плоскостей. На специальном экране электронного микроскопа они проявляются в виде тонких полос (полос Кикучи). Каждая из этих полос соответствует определенной группе кристаллических плоскостей. С помощью компьютерных программ автоматически определяется положение каждой из полос Кикучи, производится сравнение с теоретическими данными о соответствующей кристаллической фазе и вычисляется трехмерная кристаллографическая ориентация.

Получение карт ориентации кристаллов – наиболее распространенный подход в анализе образцов методом ДОЭ. Электронный зонд последовательно перемещается по образцу, для каждой точки образца формируется картина ДОЭ, компьютерная программа индексирует ее и сохраняет информацию об ориентации и фазовом составе. Эта информация затем используется для реконструкции микроструктуры в виде ориентационных или фазовых карт, представляющих полную характеристику микроструктуры образца. Измерения индивидуальной кристаллической ориентации, набранные картами кристаллической ориентации, могут быть использованы для наблюдения кристаллографической текстуры, развитой в образце.

Метод ДОЭ может быть использован для идентификации фазового состава. В этом случае данные о химическом составе, полученные методом энергодисперсионного микроанализа, используются для создания списка фаз-кандидатов из базы данных, а кристаллографическая информация, получаемая из картин ДОЭ используется для идентификации фаз в микрообластях.

Наноструктурированные покрытия для лезвийного инструмента

Афанасьев Л.Н.¹, Горанский Г.Г.¹, Судник Л.В.²

¹ Белорусский национальный технический университет

² ГНУ «Институт порошковой металлургии»

Повышение эффективности обработки резанием различных материалов может быть достигнуто использованием композиционных инструментов с наноструктурированными покрытиями.

Согласно разработанным технологиям лезвийный инструмент из инертного сплава или быстрорежущей стали после обезжиривания обрабатывают в 5-10 %-ном водном растворе мочевины при 90-100^oC в течение 30 минут. Не охлаждая, инструмент переносят в кипящий зольный раствор реакционной смеси, состав которой зависит от планируемых синтезируемых соединений.

Для твердого сплава используются растворы, способствующие образованию оксидов молибдена, титана, циркония, кремния; для быстрорежущей стали используют смеси *Cr-C-Fe*. Обработку в растворе, представляющем собой 40 % раствор металлосодержащих органических соединений, образующих при термообработке слой оксидов и нитридов металлов (*Ti, Cr, Ta, Zr, Si*), проводят в течение 30 минут. Затем инструмент подвергают термообработке в сушильном шкафу до температуры 250-300^oC в течении 3-5 час.

Окончательную термообработку для твердосплавного инструмента проводят путем нагрева в печи до 560^oC, а для быстрорежущего – до 1000-1400^oC. Упрочнение рабочего слоя достигается – по глубине за счет образования композиционного материала в виде матричного материала, дисперсно-упрочненного высокотвердыми наноразмерными частицами (10-100 нм) оксидов металлов, а также по поверхности – за счет образования наноразмерного слоя (20-80 нм) оксидов металлов высокой твердости.

Разработанная технология позволяет упрочнить лезвийные инструменты до микротвердости поверхностного слоя 12-14 ГПа, повысить вязкость разрушения покрытия рабочего слоя инструмента в 1,7-2 раза, значительно повысить триботехнические характеристики ($K_p \approx 0,1$) и стойкость инструмента в 2,5-3 раза.

Лезвийный инструмент использован при финишной обработке прокатных роликов с твердостью покрытия HRC 52-56, а также деталей из инструментальной стали.

Влияние конструкции форсунки на диспергирование воздухом металлического расплава

Капцевич В.М.², Кусин Р.А.¹, Черняк И.Н.¹, Хренов О.В.³, Кусин А.Р.¹

¹ГНУ «Институт порошковой металлургии»

²УО «Белорусский аграрный технический университет»

³Белорусский национальный технический университет

Целью данной работы является разработка новой конструкции форсунки, обеспечивающей повышенный выход порошка с размерами частиц менее 100 мкм.

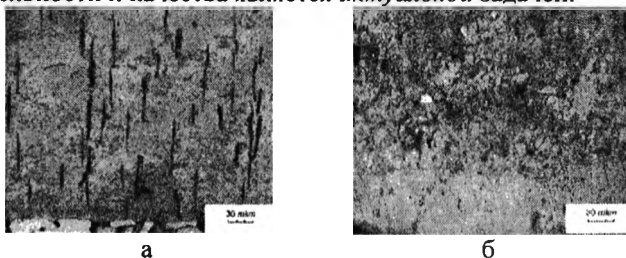
Для исследования процессов получения порошков, предназначенных для нанесения защитных покрытий или изготовления пористых материалов со специальными свойствами была разработана и изготовлена нестандартная установка для распыления расплава металлов воздухом. Установка позволяет получать порошки различных фракций. Варьируя давлением воздуха при распылении и углом наклона форсунок, можно регулировать до определенной степени выходом заданной фракции порошка. Как показали исследования, выход годного порошка составляет 95%. В зависимости от режимов распыления выход распыленного порошка крупных фракций при использовании щелевых форсунок составляет 5-35%, а фракций с размером частиц меньше 0,16 мм - до 5%. При исследовании порошка для изготовления пористых порошковых изделий такое распределение допустимо и практически весь порошок без переплава может быть использован на производстве. Однако предназначенного для нанесения защитных покрытий газотермическим и газодинамическим способом на изношенные поверхности деталей или для получения фильтрующих материалов с высокой степенью очистки, требуются порошки с размером частиц (-0,05+0,01) мм, что приводит к переплаву порошка с крупными частицами и, соответственно, к значительным дополнительным энергетическим затратам.

Для решения поставленной цели был разработан специализированный узел для получения порошков с частицами менее 100 мкм. На основе сопла Лавала была разработана новая конструкция форсунки для распыления расплава металла воздухом. Комплект съемных форсунок позволяет менять угол атаки газа в широком диапазоне, а возможность изменения площади сечения форсунок позволяет регулировать расход газа. При использовании специализированного узла распыления для получения распыленных сферических порошков оловянно-фосфористой бронзы, выход годного порошка фракций менее 100 мкм составил более 75%.

Влияние керамической добавки ($CrC-TiC$) на свойства гальванических железных покрытий

Пантелеенко Ф.И., Лецко А.И., Боровик Д.И., Красавин В.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Создание гальванических покрытий имеет ряд достоинств: нанесение покрытий на поверхность со сложным профилем, возможность использования деталей с покрытием без последующей механической обработки. Наиболее производительным является процесс железнения. Скорость осаждения железного покрытия увеличивается при повышении плотности тока. Увеличение плотности тока приводит к росту трещин в покрытии (рисунок, а). Снижение трещин в покрытии без потери производительности и качества является *актуальной задачей*.



а) при чистом железнении, б) с добавками 20 г/л $CrC-TiC$

Рисунок – Структура гальванического покрытия

Для решения поставленной задачи было предложено вводить керамические добавки в электролит. В качестве наполнителя были использованы синтезированные в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза порошки сложного карбида хрома и карбида титана ($CrC-TiC$) марки DS-300. Ультрадисперсный порошок имеет осколочную форму и в основном (80%) состоит из частичек с размером от 1 до 10 мкм.

Осаждение проводили с использованием хлористого электролита на постоянном токе с плотностью $J_k = 25 \text{ А/дм}^2$ в течении $\tau = 1$ час при температуре $t = 60^\circ\text{C}$. В процессе осаждения для обеспечения равномерной концентрации керамического порошка электролите производилось постоянное перемешивание.

Отличительной особенностью сформированных композиционных покрытий с использованием керамического наполнителя $CrC-TiC$ является их беспористая структура (см. рисунок, б). Данная закономерность связана с тем что в процессе электрокристаллизации керамические ультрадисперсные частицы стимулируют увеличение количества кристаллических зародышей железа, что вызывает более равномерный коллективный рост кристаллов в осадке по сравнению с традиционным железнением.

Совершенствование технологии сухого изостатического прессования

Богинский Л.С., Реут О.П., Саранцев В.В., Букато Н.Ю.
Белорусский национальный технический университет

Прогресс в порошковой металлургии в значительной степени определяется развитием процессов прессования. Особое место в порошковой металлургии занимают процессы сухого изостатического прессования (СИП), когда по внешнему или внутреннему контуру прессовки создается равномерное постоянное давление.

При развитии процессов СИП авторы руководствовались логикой, учитывающей основные современные требования: создание равномерной плотности по объему; гибкость технологии; культура производства, безопасность труда; надежность.

Целесообразность дальнейшего развития технологии, оборудования, инструмента для СИП доказана тем, что применяется на ряде предприятий России (г. Москва «ВНИИ неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара», г. Ижевск НПО «Рэсти», г. Тула АО «Полемачермет»), Украины (г. Киев ИЦ «Пратт и Уитни-Патон», г. Луцк «ЛГТУ»), Беларуси (г. Минск ИПК и ПК БНТУ, ИПМ НАН Б).

По технологии СИП получено большое количество изделий из порошков: дорны для калибровки отверстий стрелкового оружия, фильтры для очистки жидкостей и газов, мишеней на основе ZrO_2 , используемых при нанесении покрытий, тигли для индукционных литевых установок, подшипники скольжения высокоточных станков, режущий инструмент, электрокаталитические мембраны, нагреватели из терморазрушаемого графита и др.

Любая работа имеет право на жизнь при условии перспектив развития. Были получены первичные результаты работы по развитию СИП:

- созданы контактные соединения сверхпроводящего кабеля магнитных систем термоядерного реактора ИТЭР с наилучшими показателями согласно проведенных в Японии испытаний;

- капилляры для медицинской техники и гидроабразивной обработки из порошков керамики и тугоплавких соединений с внутренним диаметром 0,1 мм;

- конструкционные изделия сложной формы (шнеки), которые могут быть использованы в экструдерах для прессования отходов в виде стружки из дерева, металлов и пластиков.

Работа свидетельствует о наличии приоритета в области порошковой металлургии при изготовлении изделий из порошков СИП.

Особенности процессов формирования сварочной ванны в условиях воздействия многовекторных ветровых потоков

Пантеленко Ф.И., Писарев В.А., Жизняков С.Н., Саранцев В.В.
Белорусский национальный технический университет

Для формирования бездефектного шва важным является изоляция дуги и сварочной ванны от окружающего воздуха, что особенно затруднено в условиях воздействия на зону сварки ветровых потоков при выполнении строительно-монтажных работ. Это сдерживает внедрение высокопроизводительных процессов механизированной сварки в защитных газах в строительной отрасли [1].

Специалистами БНТУ в рамках выполнения задания ГПОФИ «Строительство и архитектура» проведены лабораторные исследования формирования газового потока при его истечении из сварочных горелок с различными конструктивными особенностями, а также моделирование процессов методом независимых переменных Лагранжа-Эйлера (ALE) и расчёты в пакете LS-DYNA на суперкомпьютере СКИФ К-1000.

В результате исследований разработана конструкция многофункциональной сварочной горелки, принцип работы которой, основан на двухпоточном истечении газа.

Сопло состоит из двух камер: внутренней камеры, имеющей выходной профиль по кривой Витошинского, что обеспечивает эффективное формирование основного защитного газового потока сварочной ванны и наружной камеры, имеющей специальную резьбообразную четырехзаходную нарезку, по которой газ закручивается и выходит по наружному каналу в виде спиралеобразного потока, что обеспечивает необходимую жесткость струи и эффективную дополнительную защиту основного потока и, соответственно, сварочной ванны от ветра. Особенностью горелки является то, что газ подается в сопло по одному каналу и разделяется внутри сопла на два потока, расход между камерами регулируется изменением диаметра входных отверстий в основную камеру. Также возможно отключение внешнего канала и использование горелки в экономичном режиме при отсутствии ветра.

Литература

1 Использование механизированной сварки в углекислом газе в условиях строительно-монтажных работ на открытых площадках (обзор) / Ф.И. Пантелеенко [и др.] // Строительная наука и техника, №1. – т.22. – 2009. – С. 80-85.

Методология оценки напряженно-деформированного состояния сосудов, работающих под давлением

Снарский А.С.

Белорусский национальный технический университет

Проблема надежной и безопасной эксплуатации ответственных металлоконструкций была и остается весьма актуальной. Характерными представителями ответственных металлоконструкций являются различные сосуды, работающие под давлением. Общим для указанных объектов является необходимость в максимально объективной оценке их фактического состояния, которая в первую очередь характеризуется механическими свойствами металла и уровнем фактических напряжений в нем, т.е. фактическим напряженно-деформированным состоянием материала из которого изготовлен сосуд. Для рассматриваемых объектов за редким исключением (например, в случае аварии (разрушения или трещинообразования), а также при недопустимом по толщине коррозионном износе, вырезка возможна, т.к. необходим ремонт и замена части сосуда) вырезка металла нежелательна и даже невозможна. В связи с этим с учетом специфики объектов – сосудов, возникает острая необходимость в разработке принципов, а точнее методологии, оценки фактического состояния металла диагностируемого сосуда (и, в первую очередь, уровня фактического напряженно-деформированным состоянии металла) именно с использованием неразрушающих, но максимально эффективных методов контроля.

В основе методологии лежат следующие принципы:

- принцип обязательности использования нескольких неразрушающих методов контроля фактического состояния объекта и материала из которого он изготовлен;
- принцип обязательности выявления наиболее критических участков диагностируемого объекта;
- принцип «наиболее слабого места»: решение о допуске конструкции к эксплуатации – только после получения удовлетворительных экспериментальных значений структурных и механических характеристик в наиболее слабом месте конструкции.

К выбранным основным методам именно неразрушающего контроля относятся: визуальный, магнитный (по коэрцитивной силе) дюрOMETрический (по параметрам отпечатка) и металлографический методы, применение которых в комплексе позволит сделать оценку состояния диагностируемого сосуда максимально объективной.

**Вопросы применения новых международных ТНПА в области
квалификации технологии сварки**

Пантелеенко Ф.И., Писарев В.А., Нестеров В.Г., Окунь Г.И.
Белорусский национальный технический университет

Процедура квалификации технологии сварки является обязательной при проведении сертификации сварочных производств в соответствии с международными стандартами серии ISO 3834. Новая версия данных норм введена с 2003 года и адаптирована к требованиям стандартов серии ISO 9000 - 2000. В связи с этим изменены и введены в виде EN ISO стандарты, касающиеся вопросов квалификации технологии сварки.

До 2003 года основными европейскими стандартами, регламентирующими проведение квалификации технологии сварки, являлись стандарты серии EN288 (ч.1-8). Взамен данных ТНПА разработаны и введены нормы в виде EN ISO, которые можно разделить на отдельные группы: 1 группа - EN ISO 15609 (ч.1-ч.5), рассматривающие порядок и требования к оформлению инструкции на технологический процесс сварки (WPS) для конкретных способов сварки (дуговая, газовая, электронно-лучевая, лазерная, контактная), 2 группа - EN ISO 15610 - EN ISO 15614, рассматривающие различные процедуры квалификации, области применения и распространения испытаний (на основе сертифицированных присадочных материалов, предыдущего опыта сварки, стандартной процедуры сварки, испытаний перед началом производства, на основе испытаний). Общие положения по квалификации технологии сварки и руководство по системе группирования металлических материалов указаны в стандартах EN ISO 15607 и CEN ISO/TR 15608 соответственно.

Наиболее распространенной процедурой квалификации технологии сварки является квалификация на основе испытаний, которая до настоящего времени в Республике Беларусь регламентирована стандартами СТБ EN 288-3 и СТБ EN 288-4. Аналогами данных норм являются новые стандарты EN ISO 15614-1 и EN ISO 15614-2, которые вводятся в виде СТБ ИСО с августа 2009г.

В данных стандартах можно отметить расширение области распространения квалификационных испытаний по диаметрам труб (мнее или равно 25мм – от 0,5 диаметра до 2 диаметров; свыше 25мм – от 0,5 диаметра и более), что значительно снизит количество контрольных образцов и затраты на испытания, конкретизирован порядок разработки предварительной инструкции на технологический процесс сварки (pWPS) производителем сварочных работ.

Исследование стыковой сварки давлением стали X18H10T со сплавом АМгб через прослойку алюминия

Голубцова Е.С.¹, Каледина Н.Б.²

¹ Белорусский национальный технический университет

² Белорусский государственный технологический университет

Исследована сварка на прессе образцов из стали со сплавом на основе алюминия с целью получения сварных переходников, выдерживающих нагрев до 450–480 °С и охлаждение в жидком азоте. Сварку осуществляли через прослойку алюминия. Учитывая лучшую свариваемость алюминия со сплавом АМгб, сначала плакировали совместной деформацией на прессе сталь алюминием. Плакирование осуществляли за две операции: первое обжатие без подогрева до получения предварительной сварки и защиты стыка от окисления при нагреве; затем второе обжатие при 450 °С для завершения плакирования. Для качественной сварки необходимо точно дозировать интенсивность деформации каждого металла в зоне соединения.

Целью работы было определение температуры и усилия для получения максимального значения прочности соединения. Прочность соединения оценивали испытанием образцов соединения на растяжение по нормали к поверхности стыка слоев, т.е. в качестве параметра оптимизации y было выбрано сопротивление слоев отрыву (σ_B , МПа).

Для исследования оптимальной области был проведен двухфакторный эксперимент по центральному композиционному ротатабельному плану. Все факторы, кроме температуры (x_1) и усилия сварки (x_2), стабилизировали. Строили модель вида

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad \text{позволяющую найти}$$

координаты экстремума прочности из условий $\frac{\partial y}{\partial x} = 0$. Для

определения ошибки эксперимента S_y и дисперсии параметра

оптимизации S_y^2 в центре плана были проведены 5 параллельных опытов

на нулевом уровне факторов ($x_i = 0$). Получена модель

вида $y = 206 - 33x_1 + 27x_2 - 35x_1^2$, по которой установлено, что наиболее

оптимальными условиями сварки будут $x_1 = -0,5$ (350 °С) и

$x_2 = 1,414$ (≈ 18 кН), тогда $\sigma_B = 252$ МПа.

Искусственное старение обработанного взрывом сплава Д16Т

Сенченко Г.М.

Белорусский национальный технический университет

Дюралюминиевый сплав Д16 относится к классу деформируемых материалов, упрочняемых термообработкой. Обработка взрывом цилиндрических заготовок при их обжати на оправку позволяет повысить прочность сплава Д16 в 1,1+1,5 раза. Из литературных источников также известно, что максимальный упрочняющий эффект от ударно-волновой обработки сплава Д16 достигался при его дополнительном искусственном старении. В связи с этим были проведены исследования по влиянию искусственного старения на свойства обработанного взрывом сплава Д16Т. Искусственное старение проводили при 150, 175, 200°C в течение 30 часов.

Старение при 150°C приводит к незначительным изменениям механических свойств. В начальный период ($\tau=3$ час.) σ_b падает до 580 МПа с одновременным повышением пластичности сплава: δ – до 8 %, ψ – до 16 %. В дальнейшем σ_b и δ практически не изменяются на протяжении всего исследуемого периода старения.

Аналогичная картина наблюдается при старении сплава Д16 при температуре 175°C в течение 14 часов. При большем времени выдержки временное сопротивление разрыву монотонно падает, незначительно уменьшается относительное удлинение.

Старение сплава Д16 при 200°C приводит к резкому снижению σ_b , связанному как с уменьшением плотности дислокаций, так и с образованием и ростом S и θ -фаз, максимальное значение которых отмечается при $\tau=2-3$ часа. При увеличении времени выдержки до 10 часов и более происходит стабилизация свойств материала, численные значения которых соответствуют свойствам сплава Д16 после закалки и искусственного старения: $\sigma_b=470-490$ МПа, $\delta=4-6$ %.

В целом искусственное старение сплава Д16, обработанного по указанной выше схеме не приводит к повышению механических свойств, что связано с насыщением структуры материала дефектами кристаллической решетки и выделением избыточных интерметаллидных фаз уже во время высокоскоростной пластической деформации, упрочняющий эффект от которых выше, чем при известном фазовом старении сплава Д16. Искусственное старение обработанного взрывом сплава Д16Т обеспечивает стабилизацию его структуры и механических свойств. Оптимальным является старение сплава при 150°C в течение 4 часов, при котором обеспечиваются следующие свойства: $\sigma_b=580-600$ МПа, $\delta=7-8$ %, $\psi=14-16$ %.

Исследование и развитие технологии сварки трением

Радюк С.О.¹, Дьяченко В.И.²

РУП «Минский тракторный завод»¹

Белорусский национальный технический университет²

Минский тракторный завод работает в этой области исследований сварки трением с 1956 года и пошел по пути создания специализированных, не требующих переналадки режимов, машин сварки трением и разработал машины СМСТ для сварки ответственных деталей тракторов «Беларусь».

За этот период создано 3 поколения специальных машин сварки трением, изготовлено и внедрено более 50 специализированных машин, в том числе и на таких заводах как ЧТЗ, ЗИЛ, Ленинградский Кировский завод и т.д.

За рубежом в этой области продолжают работать в основном 3 фирмы «KUKA» (ФРГ), «NEI Thompson» (Англия), «Caterpillar Tractor Co» (США) поставляющие специальные машины по заказам.

Существует значительная разноречивость в подборе параметров режимов сварки, которые подбираются в каждом конкретном случае для данной детали и данной пары металлов. Отсюда вытекает формулировка цели докладаваемой работы:

- выработать достоверные критерии для оценки целесообразности и возможности применения сварки трением при изготовлении тяжелых нагруженных, ответственных деталей;

- исследовать и определить возможности расширения границ рекомендуемых параметров режима сварки, чтобы исключить необходимость переналадки при переходе к сварке деталей, отличающихся геометрическими размерами свариваемого стыка или же собственно геометрией самой детали.

Результаты этих работ нашли практическое применение в создании новых способов сварки трением (закреплены рядом авторскими свидетельствами СССР), позволивших существенно упростить конструкции машин сварки трением.

Для решения проблемы сварки разнородных металлов разработаны и внедрены способ «комбинированной сварки трением», материалов, ранее практически не свариваемых (а.с.№1690303). Обеспечено дальнейшее развитие научных представлений о протекании образования сварочного соединения при сварке трением.

Доказана возможность получения стабильно качественного сварочного соединения в достаточно широком, но ограниченном, диапазоне параметров режима сварки.

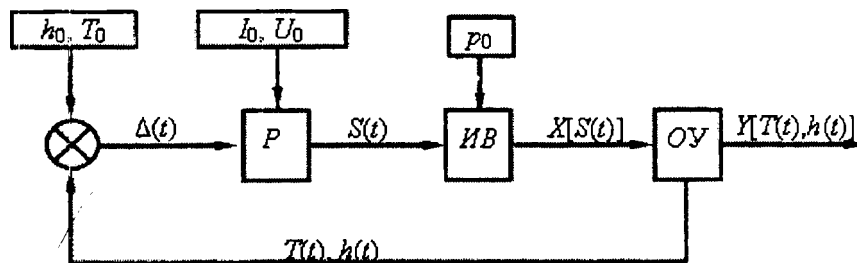
Обработка материалов давлением

Адаптивное управление процессами электроимпульсной обработки металлических порошков

Белявин К.Е., Кузнецик О.О., Минько Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Технологические процессы электроимпульсной обработки металлических порошков (ЭИО МП) применяются в машиностроении, приборостроении, медицине и ремонтном производстве для нанесения или восстановления функциональных покрытий с использованием технологического оборудования, конструктивную основу которого составляют машины контактной сварки. По своей кибернетической сути данное технологическое оборудование является источником внешнего воздействия (*ИВ*) на МП (объект управления). При контакте *ИВ* с объектом управления (*ОУ*), в последнем возникают электротермические и упруго-пластические процессы, приводящие к формированию функциональных покрытий. Для повышения эффективности этих процессов разработана схема (рис. 1) адаптивного управления, использующая регулятор (*P*) для корректировки *ИВ* в зависимости от текущего состояния *ОУ*.



U_0 – заданное напряжение, p_0 – механическое давление на *ОУ*, формируемое *ИВ*, t – время, $h_0, h(t), T_0, T(t), I_0, I(t)$ – соответственно заданные и текущие значения высоты наплавляемого слоя, температуры и силы тока, протекающего через *ОУ*; $\Delta(t), S(t)$ – соответственно функции сравнения и управления; $X[S(t)], Y[T(t), h(t)]$ – соответственно функционалы внешнего воздействия и состояния *ОУ*

Рисунок 1 – Схема адаптивного управления ЭИО МП

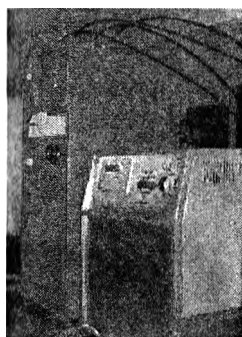
На основе этой схемы (рис. 1) разработана система адаптивного управления ЭИО МП для машин контактной сварки типа МТ 2201.

Импульсно-плазменная обработка поверхности штамповой стали

Белявин К.Е., Минько Д.В., Кузнечик О.О.

Белорусский национальный технический университет

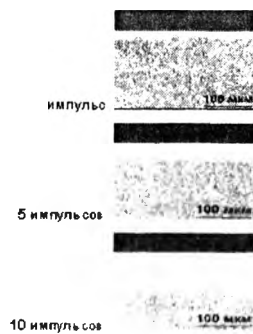
Импульсно-плазменной модификации относится к области термообработки и может использоваться для упрочнения рабочих поверхностей изделий, выполненных с высоким классом точности и чистоты из конструкционных и инструментальных сталей. Особенностью этого процесса является то, что модификация поверхностей изделий осуществляется в условиях одновременного импульсного теплового и механического воздействия, создаваемого высокоскоростной (превышающей скорость звука) плазменной струей с температурой до 15 000 К. В таких условиях термообработки формируется микроструктурный поверхностный слой, в котором под действием ударных волн возникает дисперсная кристаллическая структура, характеризующаяся высокой твердостью, усталостной прочностью, сопротивляемостью износу и коррозии. Для реализации данных процессов разработан опытный плазменный установки (рис. 1). Структура модифицированного слоя, получаемого с его помощью, зависит от количества импульсов и энергии высоковольтных разрядов, формирующих импульсную плазму.



Импульсно-плазменная установка



Импульсно-плазменная обработка



Модификация поверхности

Рисунок 1 – Импульсно-плазменная обработка

Опытный образец установки обеспечивает импульсно-плазменную обработку с использованием воздуха при нормальном атмосферном давлении, что упрощает ее применение в условиях производства.

Условие заземления полосы в механизме обжатия ее боковых кромок по ширине в неприводных роликах

Исаевич Л.А., Малекиан М.М., Иваницкий Д.М.,
Сидоренко М.И., Сидоренко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Устранение уширения возможно за счет обжатия заготовки после каждого прохода до исходной ширины посредством неприводных боковых роликов с использованием механизма, показанного на рис. 1 (патент на полезную модель №а20080866 от 21.11.2008). Прокатанная после первого прохода полоса 1 при увеличении зазора между постоянно вращающимися приводными валками 2 подается специальным механизмом в исходное крайнее правое положение, раздвигая своей уширенной частью подпружиненные неприводные ролики 3. Затем зазор между валками 2 уменьшается до величины, устанавливаемой вторым проходом, и происходит обжатие полосы, которая, перемещаясь влево, за счет сил контактного трения смещает ролики 3 до упоров 4 с образованием между ними зазора величиной B_0 . В результате происходит процесс обжатия (волочения) заготовки через неприводные ролики 3 с уменьшением

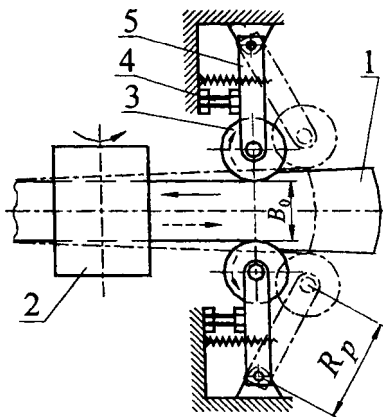


Рис. 1 – Схема роликового волочения

ширины до исходного значения B_0 . В последующих проходах данный цикл повторяется. Минимальное значение смещения осей неприводных боковых роликов 3 относительно осей поворота рычагов 5, при котором наступит самозаклинивание механизма обжатия по ширине полосы непараллельными кромками, можно найти из уравнения

$$R_p = \left(\Delta B / 2 \left[1 - \cos \left[\arctg (f_n d_u / D_p) + \beta_k \right] \right] - D_p / 2 \right),$$

где ΔB – максимальное уширение; f_n – коэффициент трения в цапфе; d_u – диаметр цапф роликов; D_p – диаметр роликов; β_k – угол клиновидности боковых кромок полосы.

Так с помощью простого механизма можно устранять уширение полосы.

**Теоретические основы формоизменения переходной зоны во фланце
трубной заготовки**

Исаевич Л.А., Гуринович В.А., Сидоренко М.И.,
Шиманский А.В., Король В.А.

Белорусский национальный технический университет

В настоящем сообщении дано теоретическое обоснование пластического формоизменения переходной торообразной поверхности от внешней плоскости фланца к полости трубной заготовки, реализуемого посредством локальной деформации в этой зоне за счет осевой осадки стенки полого цилиндра.

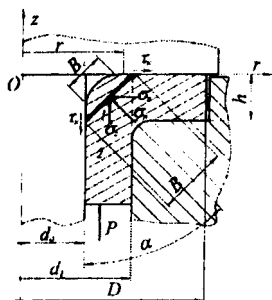


Рис.1 - Схема очага деформации

При определении напряжений процесс деформирования рассматривается как открытая прошивка. Тогда среднее напряжение в наклонной площадке будет

$$\sigma_{ср} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sigma_T \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - d_0}{2h} \right).$$

Ширину площадки свободной поверхности определим с помощью уравнения

$$B_c = B / \left[1 + \left(f \left(1 + 2,2 \ln \frac{D}{d_1} + \frac{d_1 - d_0}{2h} \right) / \sqrt{2} (f + 1) \right) \right]^{1/f}.$$

Зависимость этой величины от коэффициента контактного трения приведена на рис.2.

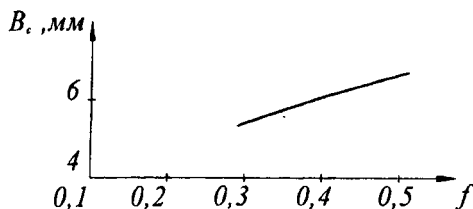


Рис.2 - Влияние коэффициента трения f на величину B_c

Как видно из графика, с увеличением коэффициента контактного трения минимально возможное значение B_c возрастает. Очевидно, чтобы достичь меньших значений B_c , нужно ограничить радиальное течение фланца, например, выполнить на торце матрицы (рис.1) упорный буртик.

Пластическое формообразование кромок режущих элементов аппаратов ротационных косилок

Король В.А., Иваницкий Д.М., Костенко Г.В.
Белорусский национальный технический университет

Ножи являются самыми быстроизнашивающимися деталями ротационных косилок, обеспечение косилок режущими аппаратами высокого качества является актуальной проблемой.

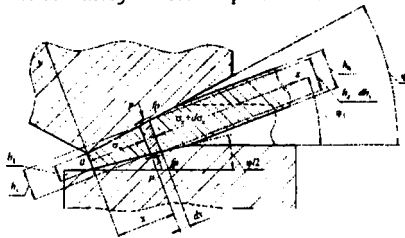


Рис.1 - Схема формообразования

При теоретическом анализе формообразования наклонных граней в листовом материале будем рассматривать как процесс заполнения конической впадины деформирующего инструмента металлом. Схема решения основана на усреднении напряжений в сечениях деформируемого листа и принятии упрощенного уравнения пластичности (рис.1)

$$-(\sigma_x + d\sigma_x)(h_x + dh_x) + \sigma_x h_x + 2p_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \sin(\varphi_1) - 2fp_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \cos(\varphi_1) = 0$$

Полное усилие деформирования определим из выражения

$$P_n = \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\} \cdot l$$

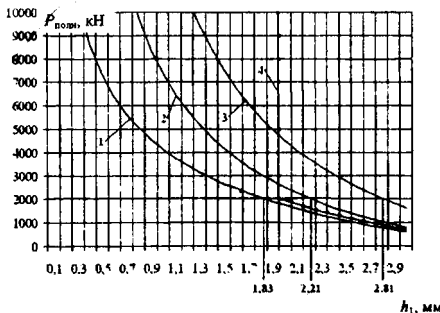


Рис.2 - График зависимости полного усилия $P_{полн.}$ от толщины кромки h_1

По результатам теоретических и экспериментальных исследований построены зависимости полного усилия штамповки от толщины кромки. Формообразование режущих лезвий ножей косилок пластическим деформированием повышает их стойкость в 1,5-2 раза благодаря наличию заусенца, исключая при термообработке окисление и обезуглероживание.

Прогнозирование продольной разнотолщинности прокатываемой заготовки

Ложечников Е.Б., Кудин М.В.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы – методика прогнозирования и управления точностью прокатываемых заготовок.

Рассмотрено влияние разнотолщинности $dH = H_{max} - H_{min}$ и отклонения от номинальной Δt температуры исходной заготовки на разнотолщинность dh прокатанной заготовки, вызванной упругой деформацией рабочей клетки величина которой зависит от действующих на валки усилий.

Погрешность обработки (разнотолщинности проката) выразили дифференциальным уравнением в частных производных

$$dh = dP / J = \left(\frac{\partial P}{\partial \alpha} d\alpha + \frac{\partial P}{\partial \sigma} d\sigma \right) / J,$$

где $P = n_{\sigma} \gamma \sigma_t R b \alpha$ - действующее на валки усилие;

J – жесткость рабочей клетки прокатного стана;

$\alpha = \sqrt{\Delta H / R}$ - угол захвата;

ΔH – обжатие заготовка;

R и b – соответственно радиус бочки валков и ширина проката;

n_{σ} и γ - коэффициенты, учитывающие напряженное состояние и фактическое сопротивление деформации с учетом отклонения Δt температуры заготовки от номинальной σ_{t0} по формуле $\sigma_t = \sigma_{t0} \exp(n_t \Delta t)$,

где

n_t – устанавливаемый экспериментально параметр.

Подставляя в дифференциальное уравнение значения дифференциалов и производных $\frac{\partial P}{\partial \alpha} = n_{\sigma} \gamma b R \sigma_t$, $\frac{\partial P}{\partial \sigma} = n_{\sigma} \gamma b R \alpha$,

$d\alpha = dH / (2\sqrt{R\Delta H})$, $d\sigma = n_t \sigma_{t0} e^{n_t \Delta t} dt$, после преобразования получена математическая модель

$$dh = 0,5 \gamma n_{\sigma} b \sigma_{t0} \sqrt{R / \Delta H} (dH + 2n_t \Delta H e^{n_t \Delta t} dt) / J,$$

позволяющая прогнозировать разнотолщинность проката, а при заданной (допустимой) разнотолщинности определять варьируемые параметры (исходная разнотолщинность и отклонения от номинальной температуры проката), обеспечивающие допустимую погрешность обработки.

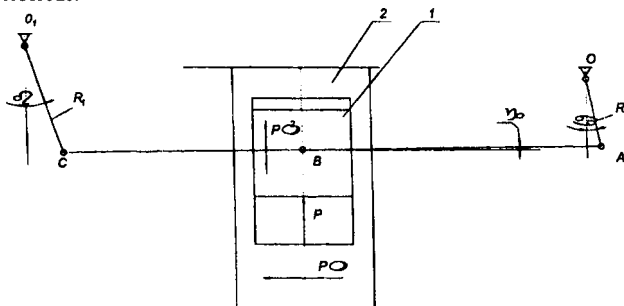
Анализ прессы-автомата с плавающим ползуном

Овчинников П.С.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы – установить математические зависимости для определения перемещений ползуна и крутящего момента на кривошипном валу прессы.

При вращении кривошипного вала R ползун 1 совершает движение вместе с точкой В рычага AC по траектории эллипса. Ползун заключен в раму 2, которая скользит в направляющих станины. Верхняя половина штампа крепится к ползуну, нижняя – к раме 2. Такой пресс обеспечивает самоподачу ленты.



Найдем перемещение ползуна:

$$S_{BX} = R_1/2 \cdot (k \cdot \sin \alpha - \sin(k\alpha)) \quad (1)$$

$$S_{BY} = R_1/2 \cdot (k \cdot (1 - \cos \alpha) - (1 - \cos(k\alpha))) \quad (2)$$

Составив уравнение баланса элементарных работ для приведенного механизма, находим

$$M_k = P \cdot m_k \quad (3)$$

$$m_k = 0,5k \frac{R_1}{L} (\sin \alpha - \sin(k\alpha)) \cdot \cos^2 \gamma \cdot \mu(r_A + 2r_B + r_C) +$$

$$+ 0,5\mu(r_0 + r_A \cdot \cos^2 \gamma + r_C \cdot k + r_{01}k) +$$

$$+ (1 + \mu^2) \frac{R}{2} (\cos \alpha - \cos(k\alpha)) \quad (4)$$

Здесь M_k – крутящий момент на кривошипном валу; m_k – приведенное плечо крутящего момента.

Анализ особенностей комбинированных технологических процессов листовой штамповки с одним и двумя самостоятельными очагами деформации

Любимов В. И.

Белорусский национальный технический университет

В зависимости от вида сочетаемых операций в комбинированном процессе может образовываться либо один общий, либо два самостоятельных очага деформации. Если одна из совмещаемых в комбинированном процессе операций приводит к увеличению, а другая к уменьшению поперечных размеров заготовки, то образуется два отдельных очага деформации, в которых возникают напряжения, характерные для каждой из сочетаемых операций. Предельные возможности изменения диаметра исходной заготовки в таком комбинированном процессе можно определить на основе предельно допустимых степеней формоизменения для каждой операции: $K = K_1 K_2$.

Если обе совмещаемые операции приводят к уменьшению или увеличению поперечных размеров заготовки, то образуется один общий очаг деформации, состоящий из двух участков, с напряжениями, характерными для сочетаемых операций. Особенностью таких комбинированных процессов является взаимное влияние очагов деформации друг на друга. Так, например, при комбинированном процессе, сочетающем операции вытяжки и обжима, меридиональные напряжения в общем очаге деформации переходят от растягивающих в зоне вытяжки к сжимающим в зоне обжима. Вследствие влияния очага деформации обжима на очаг деформации вытяжки, в котором действуют растягивающие меридиональные напряжения, в очаге деформации вытяжки, создаются дополнительные сжимающие напряжения, что приводит к разгрузке опасного сечения, а, следовательно, к увеличению допустимой степени деформации вытяжки. С учетом этого допустимая степень вытяжки в комбинированном процессе будет превышать допустимую степень вытяжки в случае отдельного ее выполнения. В результате общая предельно допустимая степень формоизменения заготовки при совмещенной операции будет превышать суммарную степень формоизменения при раздельном выполнении операций.

Таким образом, при определенных условиях совместное выполнение двух или более операций позволяет интенсифицировать процесс формоизменения заготовки, по сравнению с раздельным последовательным выполнением этих операций.

Глубокая вытяжка полых тонкостенных изделий

Любимов В. И.

Белорусский национальный технический университет

Для увеличения формоизменения заготовки при вытяжке полых изделий необходимо обеспечивать такие условия деформирования, при которых напряжения в опасных участках деформируемой заготовки, ограничивающих допустимое формоизменение, не достигают критических значений.

Существенное увеличение допустимого формоизменения может быть достигнуто за счет соответствующего приложения внешних сил, благоприятным образом изменяющих напряженное состояние в очаге деформации, что способствует уменьшению напряжений в опасных зонах деформируемой заготовки.

В работе рассматривается возможность интенсификации процесса вытяжки за счет силового воздействия, прикладываемого к краю деформируемой заготовки. Силовое воздействие осуществляется буртом технологической накладки, которая подвергается деформации совместно с основной заготовкой. Заготовку укладывают в углубление, выполненное в технологической накладке, выполненной из материала с большим пределом текучести, чем основная заготовка. Полученный пакет укладывают на матрицу мягким слоем вниз и осуществляют комбинированную вытяжку (с утонением стенки).

Вытяжка составной заготовки, составленной из материалов с различными механическими свойствами, сопровождается неравномерной деформацией слоев по толщине. Слой из материала с меньшим пределом текучести получает большую степень утонения.

Бурт, выполненный в твердом слое, предотвращает течение заготовки мягкого слоя в направлении, противоположном направлению вытяжки. В результате преимущественного деформирования скорость течения мягкого слоя составной заготовки в направлении вытяжки будет превышать скорость течения твердого слоя, и высота его будет больше высоты твердого слоя. При этом опасное сечение заготовки мягкого слоя полностью разгружается от действия растягивающих напряжений, что создает возможность получения весьма глубоких тонкостенных полых деталей из слабопрочных материалов с малым пределом текучести. Для создания более благоприятных условий преимущественного течения заготовки мягкого слоя на обе ее поверхности наносят смазку.

Теоретические основы и экспериментальные исследования получения длинномерных трубок малого диаметра из ленты

Логачев М.В., Карпицкий В.С.

Белорусский национальный технический университет

Разработанная технологическая схема получения длинномерных грубчатых изделий малого диаметра из ленты, включающая гибку (свертку) плоской заготовки в трубку, редуцирование ее и калибровку, реализована в предлагаемом комбинированном способе формообразования трубок из ленты путем одновременной свертки и волочения через одну или несколько волок. Свертка исходной ленты (заготовки) осуществляется на входном участке обжимающей части волоки, протяженность которой зависит от диаметра трубки и составляет не менее $2/3$ ее длины. После того, как трубка сформируется, происходит безоправочное редуцирование с определенной степенью деформации, обеспечивающей качественное стыковое соединение за счет пластической деформации.

Для осуществления такого технологического процесса формообразования труб важно знать, как и при обычном волочении, величину напряжений, действующих в очаге деформации, и усилие деформирования, т.к. эти параметры определяют максимально допустимую степень деформации за проход и тем самым маршрут волочения. В качестве инструмента для изготовления изделий использовали стандартные твердосплавные волоки с конусными входной и выходной частями и калибрующим пояском. В качестве исходного материала для изготовления трубок с наружным диаметром до 2,0 мм использовали стали углеродистые качественные марок 10, 20 и сталь легированную коррозионностойкую марки X18H9T толщиной 0,15-0,2 мм. Процесс свертки полосы в трубчатое изделие и волочение осуществляли с использованием стандартных твердосплавных волок с углом конусности 12° и длиной калибрующей части 1,5 мм. С целью уменьшения усилия и напряжения волочение трубок проводили со смазкой. В качестве смазочного материала использовали порошкообразные смазки (порошок сухого мыла, хлорированный парафин).

Результаты экспериментальных исследований показали, что формообразование трубок малого диаметра происходит при небольших силовых параметрах. Так, например, для изготовления трубок из стали X18H9T диаметром 1,2 мм толщиной 0,2 мм из полосы шириной 3,9 мм процесс свертки осуществляли за три прохода со средней разовой степенью деформации 15%. Тянущее усилие при этом составляло 150 Н. На окончательном проходе волочения – 200-220 Н.

Теоретическое обоснование снижения энергосиловых параметров процесса несимметричной прокатки в условиях граничных значений кинематических параметров

Карпицкий В.С., Карпицкий Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Отличительной особенностью процесса несимметричной прокатки с различными окружными скоростями валков является неодинаковая протяженность зон опережения и отставания на противоположных контактных поверхностях очага деформации, что приводит к уменьшению подпирающего действия сил трения на определенном участке очага деформации и снижению давления металла на валки.

Очевидно, что протяженность участка очага деформации с противоположенным действием сил трения будет наибольшей при максимальной разнице критических углов на обоих валках. Такое условие может быть достигнуто, когда на валке с большей окружной скоростью критический угол равен нулю, а на валке с меньшей окружной скоростью данный угол примет наибольшее значение по отношению к углу захвата.

Из условия постоянства объема металла, проходящего через каждое сечение очага деформации в единицу времени, получены выражения для определения величины критического угла и коэффициента критического рассогласования окружных скоростей валков, при котором возможна прокатка без натяжения и при значительном (до 40%) снижении распорного усилия.

Теоретически установлено, что с увеличением коэффициента контактного трения (α/μ) и отношения радиуса валков к исходной толщине полосы (R/h_0) величина степени рассогласования окружных скоростей валков растет, причем при малых значениях указанных величин данная зависимость от α/μ выражается кривыми с максимумом, соответствующем наибольшему значению естественного угла захвата металла валками, т.е. при $\alpha = \mu$. При этом показано, что при более низких значениях μ и R/h_0 область возможных значений α/μ для осуществления стабильного процесса несимметричной прокатки находится во всем исследуемом диапазоне от нуля до двух. С ростом μ и R/h_0 область возможных значений α/μ сужается, что обусловлено достижением абсолютного обжатия за проход равной начальной толщине полосы.

Применение процесса бароупрочнения при изготовлении рабочих органов почвообрабатывающей техники

Давидович А.Н., Мазуренок А.В., Давидович Л.М., Шиманович О.А.
Белорусский национальный технический университет
ГНУ «Физико-технический институт» НАН Беларуси

Деформационная обработка поверхностных слоев предварительно гермообработанных деталей, в том числе рабочих органов сельскохозяйственной техники, позволяет получить необходимое сочетание механических свойств металла в поперечном сечении. В частности, для деталей почвообрабатывающей техники – лемехов, долот и др. необходима максимальная твердость на поверхности и высокие показатели ударной вязкости в сердцевине изделия. Для достижения таких параметров механических свойств производили термообработку изделий на твердость 36-40 HRC, а затем деформировали их поверхность на глубину 1-1,5 мм по особой технологии.

Разработанная технология позволяет осуществить процесс деформационного упрочнения поверхностного слоя изделия при воздействии гидростатического давления на очаг деформации, которое обеспечивает пластическую деформацию заготовки в термообработанном состоянии без разрушения. Кроме того, при такой схеме деформирования реализуется эффект бароупрочнения – дополнительного упрочнения металла, за счет повышения энергии взаимодействия дефектов кристаллической решетки, в процессе пластического формоизменения металла под воздействием гидростатического давления. Повышение предела прочности металла под давлением имеет прямо пропорциональную зависимость и определяется коэффициентом бароупрочнения

$$K = \frac{\sigma_{сп} - \sigma_s}{\sigma_s}.$$

Эффект бароупрочнения позволяет получить после деформирования поверхности стали 65Г твердость 54-56 HRC при исходном состоянии заготовки, имеющей твердость 36-40 HRC и сорбитообразную структуру.

Квазигидростатическое давление в очаге деформации, обеспечиваемое механическими прижимами, составляло 400-450 МПа

Таким образом, разработанная технология позволяет получить gradient твердости между поверхностью изделия и сердцевиной порядка 18 HRC, что способствует повышению эксплуатационных характеристик изделий в процессе почвообработки.

Комбинированная технология изготовления зубьев борон роторных культиваторов

Давидович А.Н., Шиманович И.М., Давидович Л.М.
Белорусский национальный технический университет
ГНУ «Физико-технический институт» НАН Беларуси

Зубья роторных борон являются составной частью почвообрабатывающей техники, поставляемой из-за рубежа, и в Республике Беларусь в настоящее время не изготавливаются.

Анализ зарубежных аналогов этих изделий показал, что технология должна обеспечивать получение соответствующей формы и размеров с необходимым сочетанием механических свойств в поперечном сечении изделий, работающих в условиях циклических ударных нагрузок.

Разработанная технология предусматривает применение в качестве материала сталь 30ХГСА. Формообразующими операциями, выполняемыми с одного нагрева, являются прокатка лезвий, гибка I-образного профиля и пробивки отверстий. Немедленная закалка после формообразования позволяет осуществить эффект термомеханической обработки с получением максимальной прочности и пластических характеристик металла - $\sigma_b=1800-1900$ МПа, $a_n=0,6-0,65$ МДж/м² после низкого отпуска. Значения твердости и ударной вязкости от температуры отпуска представлены на рисунке.

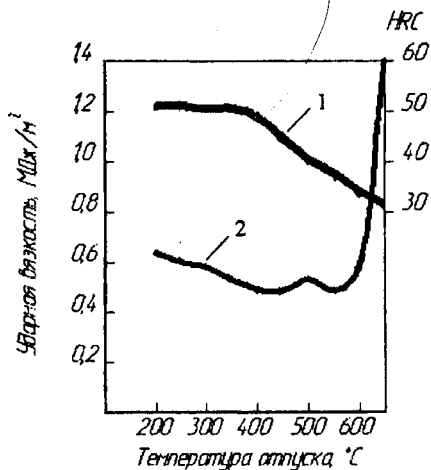


Рисунок - Зависимость твердости и ударной вязкости от температуры отпуска для стали 30ХГСА: 1 – твердость; 2 – ударная вязкость

Ресурсосберегающее скоростное горячее выдавливание заготовок стержневых инструментов с плакированием их торца

Качанов И. В., Шарий В. Н.

Белорусский национальный технический университет

К настоящему времени достигнуты определенные успехи по использованию технологии скоростного горячего выдавливания стержневых изделий с плакированием торцевой части (СГВ с ПТЧ) в различных отраслях промышленности.

Особенно эффективно преимущества метода проявляются в сфере инструментального производства при получении заготовок под стержневой инструмент (пуансоны, прошивни, фрезы, электроды, долбки и т.д.).

Формообразование и плакирование изделий осуществляли в клиновидной матрице специальной конструкции по разработанному нами способу изготовления стержневых деталей за счет совместного радиального пластического истечения обоих металлов в облойную канавку, выполненную в донной части матрицы.

При этом обеспечивается значительное повышение степени деформации, сопровождаемое формированием высококачественной мелкозернистой структуры в торцевой части стержневых изделий и образования бездефектного соединения по границе раздела биметалла.

Для исследования процесса применяли измерительные схемы, обеспечивающие синхронную регистрацию перемещений пуансона и стержневой части образца, температуры на поверхности стержневой части, перемещающейся с высокой скоростью 20–130 м/с за матричным очком.

Результаты испытаний показали, что новая технология обеспечивает повышение стойкости пуансонов по сравнению с заводской (механическая обработка резанием плюс традиционные операции термообработки) в 3 – 5 раз.

Разработан технологический процесс изготовления биметаллического стержневого инструмента для штампов холодной и горячей штамповки методом скоростного горячего выдавливания с плакированием торцевой части, основанный на оптимальных энергосиловых и температурно-скоростных режимах формоизменения.

Установлены закономерности, технологические возможности, оптимальные режимы деформирования, что позволило сэкономить до 90 % легированных инструментальных сталей.

Материаловедение в машиностроении

Опыт внедрения термической и электрохимико-термической обработки крепежных элементов корпусов плугов

Константинов В.М., Ткаченко Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Для крепления долот, лемехов, полевых досок, грудей отвала и отвалов в настоящее время используются болты, изготовленные штамповкой без закалки и отпуска, выполненные из углеродистых сталей в соответствии с ГОСТ. Также используют болты, изготовленные штамповкой с последующей закалкой и отпуском, выполненные из легированной стали в соответствии с ГОСТ.

Однако болты, предназначенные для крепления деталей корпусов плугов, имеют низкий ресурс эксплуатации, до 20 га, в полевых условиях из-за следующих недостатков:

- болты, изготовленные из углеродистых сталей с содержанием углерода 0,1...0,2 %, после штамповки без закалки и отпуска имеет низкую твердость 250 HV и структуру феррита и перлита, которые не обеспечивает достаточной износостойкости при эксплуатации болта в абразивной среде; - болты, изготовленные из углеродистых легированных сталей с содержанием углерода 0,3...0,45%, после штамповки с последующей закалкой и отпуском имеют твердость 320 – 435 HV со структурой троостита или сорбита, которые не обеспечивают высокого ресурса эксплуатации.

Перечисленные недостатки крепежных элементов приводят к тому, что в полевых условиях под воздействием твердых абразивных частиц почвы происходит «вымывание» мягкого металла болта из посадочного отверстия и в результате происходит отрыв детали от корпуса плуга.

Для повышения износостойкости болтов и обеспечения согласованного ресурса эксплуатации узла деталь – болт, необходимо было повысить твердость крепежного элемента без снижения класса прочности. Решение данной задачи заключалось в следующем:

для болтов из углеродистых легированных сталей с содержанием углерода 0,3...0,45% применена технология поверхностной закалки с последующим отпуском; для болтов из углеродистых сталей с содержанием углерода 0,1...0,2 % применена технология высокотемпературной нитроцементации из паст с нагревом ТВЧ.

Повышение ресурса эксплуатации составило 1,5 – 1,8 раз в сравнении с серийно выпускаемыми болтами. Технология внедрена на РУП «МЗШ», где было выпущено порядка 4000 штук упрочненных болтов за один год.

Износостойкость наплавленных покрытий, полученных из диффузионнолегированных отходов инструментальных сталей

Стефанович В.А., Стефанович А.В.

Белорусский национальный технический университет

Целью настоящей работы являются исследование износостойкости наплавленных покрытий из стружечных отходов инструментальных сталей подвергнутых ХТО.

Для исследований были выбраны наплавленные покрытия: Т590; №1 (С-1,04%, Cr-2,44%, W-3,71%, Мо-2,43%, V-0,68%, N₂-0,14 %); №2 (С-1,26%, Cr-2,32%, W-3,47%, Мо-2,51%, V-0,71%); №3 (С-1,51%, Cr-2,24%, W-3,54%, Мо-2,38%, V-0,73%); №4 (С-1,29%, Cr-2,13%, W-3,62%, Мо-2,47%, V-0,69%, N₂-0,09 %, В-0,25%); №5 (С-1,31%, Cr-2,51%, W-3,64%, Мо-2,39%, V-0,70%, N₂-0,10 %, В-0,51%); №6 (С-2,52%, Cr-2,42%, W-3,29%, Мо-2,27%, V-0,72%); №7 (С-3,25%, Cr-2,33%, W-3,65%, Мо-2,41%, V-0,67%).

При абразивном износе без динамических нагрузок покрытия №1, №2, №3 по сравнению с Т590, имеют меньшую износостойкость, которая составляет 0,48...0,98% от Т590. Это связано с меньшей твердостью покрытий и меньшим количеством твердых частиц в структуре. Наплавленное покрытие №5 имеет износостойкость в 2 раза большую, чем Т590, а покрытие №7 – в 1,6 раза. Покрытие №5 содержит повышенное количество бора, что обеспечивает повышение износостойкости.

При ударно-абразивном износе покрытия №5, №6, №7 имеют приблизительно одинаковую износостойкость с Т590. Покрытия №2 и №4 имеют в 3,5...4 раза большую износостойкость, это связано с наличием в структуре аустенита остаточного, который обеспечивает пластичность матрицы, что препятствует ударным нагрузкам в зоне трения, которые вызывают интенсивное выкрашивание твердых частиц.

Карбонитрирование оснастки для производства тонкостенных электросварных труб

Щербаков Э.Д., Лапин В.П., Эссенсон О.Р.

Белорусский национальный технический университет

Технологическая схема производства тонкостенных электросварных труб: формовка штрипса; сварка штрипса; калибровка труб; рубка труб. Основной оснасткой являются валковый инструмент и ножи для рубки

линии трубоэлектросварочного стана. Точность геометрических размеров и чистота поверхности труб во многом зависят от качества инструмента.

В связи с расширением сортамента производимых труб в СЗАО «БелТЭН» было освоено изготовление валкового инструмента из сталей мартенситного класса (Х12МФ и 6Х6В3МФС). Закалка в масле была заменена на закалку в водо-воздушной среде. Две установки для закалки валков различного сечения были спроектированы, изготовлены и внедрены в условиях СЗАО «БелТЭН». Брак по закалочным трещинам при данной технологии не обнаружен.

Последующий высокий отпуск позволил устранить брак по трещинам при шлифовке валкового инструмента.

Для получения более высокой твердости и износостойкости поверхности проводили карбонитрирование валков в порошковой среде на основе древесного угля и желтой кровяной соли. В результате увеличился срок службы валкового инструмента, уменьшились затраты на его перешлифовку. Была достигнута бóльшая стабильность геометрических размеров изготавливаемых труб. Кроме этого, удалось повысить чистоту поверхности валков, за счет чего была устранена проблема налипания металла труб на валки.

Основной причиной выхода из строя ножей для рубки труб, изготовленных из стали Р6М5, был скол рубящей кромки (брак устраняется перешлифовкой) или выламывание больших осколков ножа (неустранимый брак). Также существовала проблема налипания металла труб на нож.

С помощью карбонитрирования удалось повысить стойкость ножей и качество рубки.

УДК 621.785.5

Особенности получения на низкохромистых сталях боридных покрытий с пониженной хрупкостью

Ситкевич М.В.

Белорусский национально технический университет

Структурные изменения, имеющие место в результате борирования и боросилицирования при различных параметрах ХТО, существенно сказываются на показателях микротвердости и микрохрупкости диффузионных слоев. Типовые структурные изменения в зависимости от параметров ХТО, сказывающиеся на свойствах, четко проявляются на примере сталей 40Х и 9Х.

Повышение температуры боросилицирования с 900 до 1000⁰С приводит к появлению в структуре боридного слоя значительной доли силицидных

фаз. Средняя микротвердость поверхности после боросилицирования при 1000°C находится на уровне 10,7-11,5 ГПа, что заметно ниже, чем в случае борирования (18-20 ГПа) и боросилицирования при 900°C (13-14 ГПа).

Определение микрохрупкости диффузионных слоев проводилось с использованием прибора ПМТ-3. Микрохрупкость оценивалась по напряжению скола диффузионноупрочненной поверхности (чем ниже напряжение скола, тем выше хрупкость). Так, наиболее твердая поверхностная зона из фазы FeB боридного слоя обладает и наиболее высокой хрупкостью (минимальный уровень напряжения скола). В случае боросилицирования при температуре 900°C при снижении микротвердости всего на 20-25 % (до уровня 13-14 ГПа, что характерно фазе Fe_2B) напряжение скола увеличивается в 3-3,6 раза, что свидетельствует о значительном повышении сопротивления хрупкому разрушению боросилицированных поверхностей деталей при их работе в условиях динамических воздействий в процессе изнашивания.

Если получать боросилицированные детали при температуре ХТО 1000°C , то при относительно высокой микротвердости (10,7-11,5 ГПа), сопротивление сколу увеличивается в 5—5,4 раза по сравнению с борированными слоями и примерно в 2 раза по сравнению с боросилицированными слоями, полученными при 900°C .

УДК 621.785

Механизм формирования диффузионного слоя с твердорастворной матрицей

Менделеева О.Л.

Белорусский национальный технический университет

При сравнительно небольшой мощности диффузионного источника содержание насыщающего элемента на поверхности не превышает предела его растворимости в насыщаемом металле. В этом случае формируется однофазный диффузионный слой со структурой твердого раствора. Содержание насыщающего элемента плавно убывает по мере удаления от поверхности насыщения, граница зерна неподвижна и не наблюдается четкой линии раздела «диффузионный слой – сердцевина». Дислокационные структуры в значительной мере определяют энергию и подвижность межзеренных границ в диффузионном слое, увеличивают суммарный поток диффундирующего вещества и ускоряют диффузионное проникновение насыщающего элемента.

В результате пересыщения хемосорбционного слоя по насыщающему элементу возникают центры кристаллизации фаз, не изоморфных основе

В случае образования твердого раствора наследуется кристаллографическая ориентация поверхностных кристаллитов основы. Зерна твердого раствора растут анизотропно с постоянной скоростью вплоть до момента их столкновения. Дальнейший рост некоторых зерен будет подавлен, а остальные будут расти сонаправленно диффузионному потоку, образуя диффузионный слой столбчатого строения. В таких диффузионных слоях наблюдается граница раздела «диффузионный слой – основа», которая соответствует резкому перепаду концентрации насыщающего элемента. По мере повышения содержания насыщающего элемента на поверхности насыщения могут кристаллизоваться новые фазы диффузионного слоя. Поверхность насыщения вследствие этого будет изменяться структурно и энергетически.

При насыщении сплава и при многокомпонентном насыщении происходят многофакторные взаимодействия компонентов сплава с насыщающими элементами, которые влияют на процесс формирования диффузионного слоя. В зависимости от физико-химической природы взаимодействующих атомов их диффузионные потоки могут иметь разную скорость и направленность.

Структура диффузионного слоя формируется в процессе насыщения и при охлаждении. Условия охлаждения определяют характер фазовых превращений, происходящих в диффузионных слоях.

УДК 621.785

Синтез насыщающих порошковых смесей для химико-термической обработки

Менделеева О.Л., Сметкин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Особого внимания заслуживает такое направление химико-термической обработки микрообъектов, как синтез высокоэффективных насыщающих порошковых смесей, используемых для химико-термической обработки. Синтезированные насыщающие порошковые смеси повышают эффективность химико-термической обработки макрообъектов и, как правило, обладают высокой технологичностью. При их производстве можно использовать металлические отходы.

В настоящее время широко применяются два метода синтеза:

- ✓ химико-термическая обработка порошковых смесей, которая изменяет их технологические характеристики и насыщающую активность;
- ✓ металлотермическое восстановление оксидов насыщающих элементов в порошковых смесях на их основе.

Для предотвращения спекания насыщающих смесей порошки насыщающих элементов с невысокой температурой плавления подвергают химико-термической обработке, в процессе которой происходит формирование тугоплавкой и химически инертной оболочки порошковой частицы. Это позволяет повысить температуру насыщения макрообъекта и, следовательно, интенсифицировать процесс его насыщения при сохранении удовлетворительного качества поверхности.

Для улучшения аэродинамических характеристик химико-термической обработке подвергают порошки псевдокипящего слоя.

Диффузионное легирование «нейтрального» порошка насыщающим элементом проводят с целью повышения насыщающей способности порошковой смеси. Регулируемое повышение потенциала насыщающей смеси позволяет создавать диффузионные слои заданного фазового состава на макрообъектах. Этот процесс позволяет не только синтезировать и регенерировать порошковые насыщающие смеси, но и снижает их стоимость.

Широко известны процессы синтеза металлотермических смесей путем восстановления насыщающего элемента из оксида насыщающего элемента.

УДК 621.785.5

Технология упрочнения штампов глубокой вытяжки методом термодиффузионной карбидизации

Галынская Н.А., Стасевич Г.В.

Белорусский национальный технический университет

Повышение стойкости штампового инструмента для глубокой вытяжки может быть достигнуто применением поверхностного упрочнения путем нанесения диффузионных карбидизированных покрытий.

Цель работы – разработка технологии упрочняющей обработки штампового инструмента для глубокой вытяжки из высокохромистой стали.

Проведение процесса диффузионной карбидизации в разработанных порошковых средах на штамповой стали X12Ф1 позволило получить диффузионные слои, имеющие мелкодисперсную карбидную структуру без следов внутреннего окисления. Для изучения влияния структуры диффузионных слоев, полученных при различных температурах процесса насыщения, на их механические свойства проведен количественный стереологический анализ, в результате которого получены объективные характеристики карбидизированного слоя: размер площади, занятой карбидами на исследуемом участке, изменение средней площади карбида

по толщине слоя, характер распределения и размер карбидных фаз в слое и т. д.

Лучшей износостойкостью обладают слои с карбидными частицами минимальных размеров, полученные при температурах 950 и 1050 °С. Насыщение при 1000 °С с образованием в диффузионных слоях крупных карбидов с размерами 4 -8 мкм² приводит к ухудшению их износостойкости, поэтому для получения покрытий, обладающих максимальной износостойкостью, рекомендуемый режим процесса карбидизации -950 °С 6 ч.

Твердость карбидизированного слоя после обработки составляет 36-38 HRC. Для повышения твердости требуется последующая термическая обработка. Изучено влияние закалки с температур 750-1050 °С и отпуска при 200-500°С на твердость карбидизированной стали. Установлено, что максимальная твердость карбидизированного слоя 65-67 HRC и сердцевины 48-50 HRC достигается после закалки в масло с температуры нагрева 850°С и отпуска -200 °С. На основании результатов проведенных исследований определены режимы химико-термической и термической обработки инструмента для глубокой вытяжки: карбидизация при температуре 950°С, 6 ч, закалка с температуры нагрева 850 °С в масло, отпуск -200 °С, 3-4 ч.

Применение разработанной технологии на минском механическом заводе им. С.И. Вавилова позволило увеличить стойкость штампового инструмента для глубокой вытяжки деталей гидроусилителя в 2,5-2,8 раза

УДК 621.785.5

Технология упрочнения инструмента и технологической оснастки, используемых при производстве силикатного кирпича

Кухарева Н.Г., Петрович С.Н., Басалай И.А.

Белорусский национальный технический университет

Силикатный кирпич является прогрессивным строительным материалом. По своим техническим характеристикам и дешевизне - это идеальный стеновой материал, удовлетворяющий разносторонним требованиям строительной индустрии. Ресурс эксплуатации и надежность технологической оснастки и инструмента, использующихся при производстве силикатных изделий существенно зависит от условий эксплуатации - длительности прессования, качества и состава силикатной массы.

Повысить износостойкость указанных изделий в условиях абразивного износа возможно увеличением твердости поверхности. Повышение

твердости возможно как проведением двухстадийной обработки (борирование с предварительной цементацией и нитроцементацией с последующей термообработкой), так и применением для изготовления оснастки борированных высокоуглеродистых и/или легированных сталей с последующей термообработкой. В работе исследованы оба варианта.

Цементацию осуществляли при $T=930-950^{\circ}\text{C}$, $\tau=6$ ч, толщина слоя (сталь 20) -900 мкм, нитроцементацию - при $T=790-810^{\circ}\text{C}$, $\tau=4$ ч, толщина слоя-500 мкм. Термодиффузионное борирование проводили в разработанной порошковой среде для получения двухфазного слоя при 800, 850, 900 и 950°C , $\tau=6$ ч. Показано, что толщина боридного слоя, полученного при осуществлении предварительной обработки, как общая, так и фазы FeB, уменьшается. Подтверждено, что присутствие высокоуглеродистого подслоя позволяет получить высокую объемную твердость созданного на поверхности композиционного материала, составляющую 65–68 HRC. При борировании без предварительной обработки объемной твердости не зафиксировано.

При борировании стали 40X ($T=950^{\circ}\text{C}$, $\tau=4$ ч) формируется слой 200–220 мкм. Толщина фазы FeB – 80 мкм, $H_f=2010-2290$ МПа; H_f фазы Fe₃B =1680-1780 МПа. После борирования (без термообработки) твердость составляет 28-29 HRC, после борирования и закалки при 780°C в масле-61–64 HRC. Низкотемпературный отпуск в обоих случаях не снижает твердость.

К реализации на силикатном производстве можно рекомендовать все три исследованных варианта технологии упрочнения по режимам, обеспечивающим необходимую толщину слоя и твердость. В настоящее время проводятся производственные испытания отдельных видов упрочненного инструмента и технологической оснастки.

УДК 621.785

Исследование легированных боридных покрытий на углеродистых сталях, полученных из синтезированных порошковых сред

Хина Б.Б., Протасевич В.Ф., Кухарева Н.Г.

Белорусский национальный технический университет

Настоящая работа посвящена исследованию боридных покрытий на синтезированных алюмотермических порошковых сред для борирования полученных в режиме самораспространяющегося высокотемпературной синтеза (СВС). Термодинамические расчеты были выполнены по программе АСТРА.

В работе исследовали многокомпонентные системы на основе оксида бора, с добавками оксидов железа, хрома, никеля, циркония, молибдена, меди и чистых металлов.

На основании проведенных расчетов установлено, что в традиционных смесях на основе оксида бора источниками атомов бора при последующем борировании являются соединения: AlB_{12} , и AlB_2 . Фазовый состав и толщина слоя зависят от вида бориды алюминия.

Исследования многокомпонентных систем, содержащих оксиды хрома, циркония никеля, железа, молибдена, меди и чистые металлы показали, что источниками атомов бора в процессе борирования могут быть: AlB_{12} , CrB_2 , CrB , ZrB_2 , Ni_4B_3 , FeB и WB . Фазовый состав, структура слоя, его толщина находятся в зависимости от вида вводимого металла или оксида. Металлографические исследования свидетельствуют об обязательном наличии в смеси соединения AlB_{12} при формировании двухфазных боридных покрытий. Боридные слои, образованные в смесях, содержащих чистые металлы и их оксиды, легированы хромом (0,47%) и цирконием (0,2%) и в 1,5 раза превосходят по толщине слои, полученные в традиционных алюмотермических смесях.

В результате термодинамического моделирования с использованием программы АСТРА-4 рассчитаны равновесные составы многокомпонентных порошковых сред для борирования.

Определены вещества, которые являются источниками атомов бора при последующем проведении ХТО в синтезированных порошковых смесях.

Термодинамическое моделирование и металлографические исследования, подтвердили, что образование в результате СВС процесса соединения AlB_{12} способствует формированию двухфазных боридных слоев.

Введение в порошковую среду чистых металлов и их оксидов для получения тугоплавких соединений дает возможность варьирования толщиной диффузионного слоя, его химическим составом и соотношением боридных фаз.

УДК 669.018

Анализ и сравнение маркировки сталей в ЕС и СНГ

Пучков Э.П.

Белорусский национальный технический университет

В работе проведен анализ и сравнение маркировки сталей по нормам, действующим в Европейском Союзе, и по ГОСТам, принятым в СНГ. В ряде случаев введенные в ЕС стандарты охватывают далеко не все стали, применяемые в отдельных государствах ЕС, поэтому проанализированы

системы маркировки сталей, используемые в Германии, Франции, Италии и др.

В ЕС в настоящее время действующим является стандарт EN 10027 (часть I) от октября 2005 г., определяющий порядок наименования сталей путем присвоения им буквенно-цифровых обозначений, и EN 10027 (часть II) от сентября 1992 г., определяющий порядок присвоения сталим порядковых номеров.

Согласно первой части стандарта EN 10027 стали, по порядку присвоения им наименования, делятся на две группы. Первую группу составляют стали, наименование которых определяется их назначением и механическими или физическими свойствами. Обозначение марки стали этой группы состоит из одной или более букв (X), определяющих назначение стали, далее следуют цифры, определяющие свойства стали (nnn). За цифрами могут следовать дополнительные символы определяющие состояние поставки стали и ее назначение (an...).

Далее могут указываться дополнительные символы для изделий изготовленных из этого вида сталей (+an+an...). Исходя из этих принципов марку стали можно представить в виде |X|nnn|an...|+an+an...|.

Стали второй группы разделены на четыре подгруппы и каждая из подгрупп имеет свои особенности маркировки.

Порядковый номер стали (EN 10027-часть 2) представляется в виде |XXXX, где цифра 1 определяет, что материал - сталь. Следующие две цифры определяют номер группы сталей, последние две – порядковый номер стали в группе.

Наиболее близка к европейской система обозначений сталей в Германии.

УДК 621.785.5:519.28

Математико-статистические методы в промышленном эксперименте

Протасевич Г.Ф., Мельниченко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Практическая полезность внедрения математики во все области исследования привела к появлению новой стратегии – математического планирования эксперимента (МПЭ). Трудности внедрения МПЭ в практику в значительной мере связаны тем, что «универсальный» язык математики не всегда понятен практическому инженеру. Для новой концепции исследования характерна главная особенность – принцип многофакторности.

Экстремальные задачи в ХТО неоднократно и успешно решались методом Бокса-Уилсона. Здесь вначале исследуют ограниченную область

факторного пространства, получают модель, ее описывающую, и делают восхождение по градиенту к области оптимума. Метод может быть использован и для задач описания, например, при построении диаграмм состояния. В ходе использования метода Бокса-Уилсона нами проверена гипотеза об уменьшении роли взаимодействий факторов исследования при повышении их порядка. Проверку успешно провели на 5-ти факторной задаче с использованием полного факторного эксперимента.

Проверена рекомендация о способе выхода из критических ситуаций – получение неадекватных моделей – с помощью метода перевала. При титанировании углеродистых сталей использование реплики 2^{7-4} привело к получению большинства неадекватных моделей. Зеркальное отражение первичной матрицы позволило трансформировать их в адекватные.

При разработке трехкомпонентных диффузионных покрытий успешно апробирован метод симплексных решеток для получения диаграмм «остав покрытия – свойство». Структуру покрытий изучали позднее.

Сложность металлургических задач требует часто жесткого отбора факторов и параметров оптимизации, что было сделано с помощью метода «случайного» баланса. При поиске активаторов для борирования из 11-ти начальных были отобраны 4 - 5 перспективных, что дало толчок к разработке новых борировующих сред.

Для отбора перспективных покрытий применен метод латинских квадратов. При поиске перспективных коррозионностойких покрытий для базовых Cr и Ni подбирали сочетания с Ti, Si, B, Al, Cu. В результате по 15-ти опытам получены эффекты влияния Cr и Ni и остальных добавок по 4, 3, 2, 1 и перспективный ряд элементов: Al, Al-Cu и т.д.

Идеален союз пассивного и активного эксперимента, что, например, привело к разработке БПИ (БНТУ) совместно с ПО «ВАЗ» нового спеченного материала на базе Fe и способа его упрочнения.

УДК 539.2+539.3

Мультимедийный курс лекций “Основы теории диффузии и теории дислокаций” для студентов-материаловедов

Хина Б.Б., Константинов В.М.

**Физико-технический институт НАН Беларуси
Белорусский национальный технический университет**

В связи с необходимостью повышения уровня подготовки специалистов в области материаловедения и приведения учебных программ в соответствие с современным уровнем научных знаний в этой бурно развивающейся области, весьма актуальной задачей высшей школы и академической науки является совершенствование учебных курсов для

студентов, магистрантов и аспирантов материаловедческих специальностей с использованием современных мультимедийных средств.

В данной работе разработан раздел “Основы теории диффузии и теории дислокаций” спецкурса лекций «Теория термической обработки» с использованием компьютерной техники и средств мультимедиа. Раздел может быть использован в курсах «Теория и технология химико-термической обработки» и «Механические свойства металлов». В отличие от одноименного спецкурса, который читают на физическом факультете БГУ, основное внимание уделено не математической теории, а механизм фазовых превращений в металлах и сплавах, в которых ведущую роль играет диффузия. Основные идеи спецкурса: 1) “минимум формул, максимум физико-химических механизмов” и 2) “не только рассказать, но и показать”. Описана роль объемной, зернограничной и поверхностной диффузии в формировании структуры и свойств материалов. Использовано большое количество иллюстративных материалов, взятых из современной литературы: учебников, монографий и научных журналов. Особое внимание уделено взаимодействию диффузионных потоков с точечными дефектами, которое определяет такие практически значимые явления, как высокотемпературная ползучесть, сверхпластичность и др. Средства анимации использованы для построения и иллюстрирования логических связей, что способствует лучшему пониманию сути рассматриваемых явлений и более глубокому усвоению спецкурса.

При изложении основ теории дислокаций акцент сделан не на математические формулировки, а на роль дислокаций в формировании основных механических свойств сплавов - прочности и пластичности, а также на механизмы возникновения трещин. Изложены механизмы твердорастворного, дисперсионного, дисперсного и зернограничного упрочнения сплавов. В заключительной части отмечены актуальные с позиции теории и технологии термической обработки проблемы диффузии

УДК 621.793.74

Формирование структуры напыленных покрытий при высокоэнергетических воздействиях

Соколов Ю.В, Позняк И.Г.

Белорусский национальный технический университет

Плазменное напыление является высокоэнергетическим импульсным процессом. С учетом современных представлений о механизмах пластической деформации металлов и специфических особенностей деформации при импульсных воздействиях картину формирования

структуры покрытий при напылении можно представить следующим образом. Факторами, ответственными за конечную структуру покрытия являются пластическая деформация напыляемых частиц в момент контакта с подложкой (первый слой) или при контактировании частиц с каждым предыдущим слоем и релаксационные процессы. Последние протекают как во время деформации частиц, так и в процессе температурного воздействия со стороны частиц, формирующих каждый последующий слой. Механизмы реализующихся релаксационных процессов различны и связаны с взаимодействием дефектов кристаллического строения и их аннигиляцией. Термически активируемые процессы контролируются массопереносом. При высокоэнергетическом импульсном воздействии наиболее вероятны процессы с малым временем релаксации, так как периодичность ударов частиц о предыдущий слой невелика. При высокотемпературной деформации определяющим является диффузионный фактор, среднетемпературной – процессы размножения и перераспределения дислокаций. Взаимодействие распыляемых частиц материала с подложкой в контактной зоне и по толщине всего слоя определяет его структуру. Эффект плазменного воздействия связан не только с возникновением теплового эффекта деформации частиц, но и интенсификацией диффузионных процессов внутренними напряжениями. Результаты экспериментальных исследований явления массопереноса при ударном воздействии показали, что массоперенос носит объемный и, в большинстве случаев, диффузионный характер. При этом температурная зависимость коэффициента диффузии остается активационной с энергией активации меньшей, чем для диффузии в обычных условиях. Заметный массоперенос имеет место уже при комнатной температуре. Характер массопереноса в ударной волне определяется энергией, воспринятой диффундирующими атомами материала.

УДК 621.9

Структура и свойства защитных покрытий, нанесенных на стальную основу с использованием электронно-лучевого нагрева

Мурашова И.В.

Физико-технический институт НАН Беларуси

Существенным экономическим эффектом для промышленности является увеличение срока службы деталей машин, работающих в условиях трения, абразивного износа и коррозии. Износо- и коррозионно-стойкие материалы и композиции, полученные традиционными способами, достаточно дороги. Альтернативой этому может служить нанесение на поверхность изделий относительно тонких слоев покрытий из материалов,

которые берут на себя эти нагрузки. Реализовать это можно например с использованием электронно-лучевого (ЭЛ) воздействия.

Применение ЭЛ технологий позволяет получать новые композиционные материалы с основой из конструкционных материалов (сталей, сплавов и др.) и поверхностным слоем с заданными химическим составом, структурой и свойствами. Процесс нанесения проводится с использованием экзотермически реагирующих порошков на основе системы Ti - Ni и Ni-Cr-Ti. В качестве подложек использовалась сталь 45.

При реализации синтеза покрытия системы 56Ti-44Ni с предварительным подогревом основы из стали 45, образуется слой с достаточно хорошей адгезией. Граница «слой-основа» ровная, четкая и бездефектная. Обнаружены фазы NiTi, Ni₂Ti, Ni₄Ti₃ и Ti₂Ni.

Результаты исследований структуры материала системы 55(Ni-Cr)+45Ti показали, что покрытие имеет как беспористые участки с двухфазной структурой на основе светлой матрицы и серых включений, так и области эвтектического состава. На поверхности образцы сохраняют высокую пористость (около 45 %).

Исследования фазового состава синтезированного покрытия показали, что основными фазами являются NiTi, Ti₂Ni, Cr₂Ti, TiO₂. Образование в структуре интерметаллидных фаз NiTi и Ti₂Ni связано с высоким содержанием титана и никеля в системе. Выделение фазы Ti₂Ni обеспечивает высокие значения твердости и износостойкости покрытия. Наличие в структуре фазы Cr₂Ti также обеспечивает высокие значения прочности и износостойкости синтезированного слоя.

Результаты исследований свидетельствуют о возможности использования изделий с покрытиями на основе системы Ti - Ni и Ni-Cr-Ti при изготовлении деталей, эксплуатирующихся при интенсивном износе.

УДК 621.785.5

Интерметаллидные покрытия на сталях

Протасевич Г.Ф., Протасевич В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Бурное развитие ХТО во второй половине XX века привело к разработке сотен новых диффузионных покрытий. Все они укладываются в несколько традиционных целей (направлений) – повышение износо-окаино- и коррозионной стойкости и более экзотических – повышение кавитационной, разгаро-, радиационной и противозадирной стойкости.

Перечисленный перечень сегодня незаслуженно не включает направление – получение декоративных покрытий. В условиях жесточайшей конкуренции за сбыт своей продукции развитие этого

направления ХТО начинает играть свою роль. Опубликованная в 70-е годы в журнале «МиТОМ» совместно с австрийцами Р. Киффером и В. Врусом статья, посвященная получению декоративных покрытий из TiN, вызвала довольно живой интерес. Но идея в то время не могла быть реализована из-за отсутствия в СССР промышленного оборудования для осаждения из газовой фазы. Для реализации этого направления могут быть использованы покрытия из промежуточных фаз, имеющих богатый спектр цветов. Нами при реализации этого направления была использована σ -фаза в системе Fe-Cr. Для этого высокохромистые стали дополнительно насыщали хромом, чтобы выйти на ее область гомогенности (43-52% Cr). Для нас важно, что σ -фаза в этой системе имеет синевато-фиолетовую окраску. Другим примером может служить получение блестящего серебристого покрытия при силицировании сталей, т.е. процесса, предназначенного для совершенно других целей. Это удалось, благодаря применению последовательного симплекс-планирования, позволяющего планировать эксперимент по принципу «Лучше-хуже».

В заключение укажем, что только в справочнике Г.В. Самсонова «Тугоплавкие соединения» в приведенном перечне из 250 промежуточных фаз имеется любой набор цветов, который может заинтересовать даже ювелиров. Например из неэкзотических соединений: MnS - красновато-коричневый, TaC - золотисто-коричневый, NiN - желто-бронзовый, Ni₃S₄ - серебристо-белый, YS - рубиново-красный, α -MnS - зеленый, ScN - синий (темно-голубой), YS₂ - коричнево-фиолетовый, FeS₂ - светло-желтый, ZrS₃ - оранжево-красный, γ -NiS - желтый,.

РЕЗЮМЕ. Предлагается обратить внимание на новое направление в ХТО - получение декоративных покрытий. Приведены примеры цветов покрытий, которые реально могут быть получены, прежде всего осаждением из газовой фазы.

УДК 621.78

Особенности термической обработки детали с наплавленным покрытием

Дашкевич В.Г.

Белорусский национальный технический университет

В практике наплавочных работ иногда возникает необходимость проведения термической обработкой наплавленной детали, например:

- уровень остаточных напряжений после проведения наплавки превышает допустимый уровень. Тогда термическая обработка позволяет улучшить структуру и снизить напряжения до допустимого уровня;

- значительная неоднородность свойств, которая связана с ликвиацией легирующих элементов. Термическая обработка позволяет значительно повысить однородность структуры;

- недостаточный уровень свойств наплавленной детали, например, низкая твердость и соответственно износостойкость. Закалка на мартенсит и применение отпуска детали дает возможность варьировать структурой и свойствами покрытия и основы.

Не ясными в этом случае остаются вопросы прокаливаемости биметалла.

В общем случае кинетика фазовых превращений и ее оценка при термической обработке для детали с наплавленным покрытием проводится следующими путями:

1) графическим наложением расчетных температурных кривых охлаждения на термокинетические диаграммы распада аустенита;

3) расчетом двухпараметрического уравнения Аврами и теории изотермической реакции;

2) расчетом критической скорости закалки как функций химического состава стали, температуры и размера аустенитного зерна;

В тоже время для большинства наплавляемых сплавов термокинетические диаграммы отсутствуют, а расчет критической скорости закалки согласно зависимостям полученным Вебером и Розе неприемлем по причине узких границ применимости.

Для получения первичной информации о возможностях термической обработки биметалла и назначении режимов необходима информация о критической скорости охлаждения. Для этой цели разработана расчетно-экспериментальная методика, которая позволяет на основании проведения торцевой пробы назначить согласованную термическую обработку биметаллического изделия, а также спрогнозировать прокаливаемость в различных охлаждающих средах.

УДК 621.89

Разработка диффузионно-легированной проволоки для износостойкой наплавки

Дашкевич В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Получены новые диффузионно-легированные бором и другими, в основном карбидообразующими элементами, проволоки которые содержат до 3,8 масс.% бора. В сечении такие проволоки имеют в одном случае ядро исходной стальной проволоки и диффузионный слой, состоящий из боридной оболочки, преимущественно типа $(Fe, Me)_2B$, которая сохраняет

традиционную игольчатость боридной фазы. Во втором случае - ядро исходной стальной проволоки и диффузионный слой, состоящий, из боридной оболочки и промежуточного твердого раствора легированного карбидообразующими элементами и алюминием. Характерным является отсутствие игольчатости боридной фазы.

Диффузионно-легируемые проволоки разработаны для электродуговой наплавки в среде защитных газов, имеют приемлемый уровень технологичности: электропроводность, отсутствие высокой хрупкости.

Тип структуры определяется системой легирования и толщиной диффузионного слоя. За счет активного легирования бором структуры, как правило, доэвтектические, имеют повышенную прокаливаемость и рекомендуются к использованию после проведения упрочняющей термической обработки. После закалки и низкого отпуска твердость достигает 52-56 HRC_э.

Диффузионный слой обеспечивает активное флюсующе-раскисляющее действие проволоки. Установлено что потери на угар, испарение и разбрызгивание углерода для проволоки с диффузионным борсодержащим слоем снижается на 10—20%. Снижается количество пор, качество наплавленного слоя заметно улучшается. Сопутствующие легированию бором элементы оказывают упрочняющее действие: легируют твердый раствор, способствуют получению мелкозернистой структуры.

Установлены коэффициенты усвоения легирующих элементов, которые характеризуют потери при наплавке вызванные угаром разбрызгиванием электродного материала, а также флюсованием сварочной ванны. Для легких элементов, таких как бор, коэффициент усвоения составляет 0,3-0,5 и выше. Для карбидообразующих и алюминия достигает 0,8, что позволяет прогнозировать количество введенного элемента в наплавленный слой.

УДК 621.791.042

Ускорение диффузионного насыщения стальной проволоки электронагревом

Семенченко М.В.

Полоцкий государственный университет

При нанесении защитных покрытий используется проволока, химический состав которой напрямую зависит от требуемого комплекса эксплуатационных свойств защищаемой поверхности. Учитывая высокую стоимость легированных материалов, их применение требует точных экономических расчетов. Поэтому весьма перспективным представляется получение дешевой экономно-легируемой проволоки заданного

химического состава, применение которой обеспечит требуемые эксплуатационные свойства детали, не повышая значительно стоимости процесса нанесения покрытия.

Существуют несколько путей уменьшения стоимости наносимой проволоки: снижение количества дорогостоящих элементов или замена их более дешевыми, ускорение процесса диффузионного насыщения стальной проволоки.

Анализ различных способов ускорения диффузионного насыщения, применительно к проволоке показал, что для проволоки наиболее приемлемой с точки зрения технической реализации является электрохимико-термическая обработка, осуществляемая путем прямого пропускания тока через изделие в режиме термоциклирования. В этом случае обработка может осуществляться непрерывно, оборудование не требует значительных затрат, за незначительный промежуток времени (1-2 секунды) достигаются значительные температуры (1100°C - 1200°C). При этом проволока может быть легирована различными химическими элементами.

Металлографические исследования проволоки подвергнутой диффузионному насыщению алюминием в течении 2,5 минут показали, что микротвердость диффузионного слоя составляет 2100-2300 МПа. Толщина диффузионного слоя в зависимости от режима диффузионного насыщения достигает 120...150 мкм, в то время как при традиционном диффузионном насыщении в печи диффузионный слой такой толщины формируется в течении нескольких часов. Поверхностная концентрация алюминия при этом снижается в два раза, однако, учитывая разницу во времени, можно утверждать, что применение электронагрева позволяет ускорить процесс диффузионного насыщения стальной проволоки.

УДК 621.762

Опыт производства наплавочного порошка в условиях РУП «Минский завод шестерен»

Щербаков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Работа заключалась в анализе отходов чугунной дроби, диффузионного легирования и последующего исследования наплавленных покрытий.

Использовались отходы чугунной дроби ДЧЛ 08 ГОСТ 11964 – 81 после дробеструйной обработки. Изучение гранулометрического состава проводили ситовым методом по ГОСТ 18318-73. Микроструктуры порошков и наплавленных покрытий, изучали с помощью оптического

металлографического микроскопа МИ – 1. Микротвердость измеряли согласно ГОСТ 2999-75.

Исходная микроструктура чугунной дроби, представляет собой ледебурит и дендритные включения перлита различной дисперсности. Распределение микротвердости по сечению дроби составляет 7730-8450 МПа и у поверхностного слоя твердость возрастает до 10240 МПа.

Борирование отходов чугунной дроби проводили в среде карбида бора с добавлением активатора AlF_3 в подвижной порошковой среде. Анализ дроби после режима показал, что в борированном слое присутствуют графитные включения, предположительно из-за времени обработки, отщеснения углерода вглубь порошка и пластической деформации. Борированный слой состоит из двух зон. Предположительно, это боридная зона с включениями графита и переходная зона, включающая в себя α -фазу, выделения борного цементита $Fe_3(C,B)$ и графита. Толщина слоя 120

150 мкм. Смесь для наплавки изготавливали на РУП «Минский завод шестерен» механическим смешиванием ферросплава ФБХ-6-2 ГОСТ 21448-75 дисперсностью гранул 0,16-0,4 мм и диффузионно-легированных отходов дроби ДЧЛ 08 с плавкой бурой ($Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$). Параметры высокочастотного генератора ВЧГ2-100/0,066 для индукционной наплавки следующие: накали – 13V, ток на сетке – 1,6А, анод – 7,5А, анодное напряжение 10kV. Микротвердость полученных слоев составляет 11450 – 16700 МПа.

Установлено, что данный режим диффузионного легирования является подходящим для получения диффузионно-легированных наплавочных материалов. Получаемые наплавленные покрытия из смесей диффузионно-легированной чугунной дроби ДЧЛ 08 и ферросплава представляют интерес для их дальнейшего исследования и промышленного применения.

УДК 621.762

Исследование диффузионного легирования оксида алюминия молибденом

Яцкевич О.К., Щербаков В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Было проведено исследование диффузионного легирования оксида алюминия молибденом и анализ полученных плазменных покрытий.

В качестве объекта исследования были выбраны плазменные покрытия из оксида алюминия. С целью устранения недостатков данного материала его подвергали диффузионному легированию. В качестве легирующего элемента был выбран молибден, так как он обладает хорошими фрикционными свойствами. Диффузионное легирование Al_2O_3

осуществляли на установке с вращающимся контейнером на основе печи СНОЛ ($t=950^{\circ}\text{C}$, время 120 мин).

Исследование диффузионно-легированного оксида алюминия молибденом показало, что распределение молибдена по покрытию гетерогенное (неоднородное). Это вызвано структурными особенностями исходного порошка. Предполагается, что частицы молибдена не вступают в химическую реакцию и просто прилипают к частице оксида. Плазменные покрытия, полученные из модифицированного керамического материала, имеют улучшенные эксплуатационные характеристики по сравнению с покрытиями из чистого оксида алюминия. Введение молибдена значительно снизило хрупкость и повысило адгезию покрытия с основой в 2 – 2,5 раза (26-27 МПа). Микротвердость легированного покрытия снизилась на 30-40%. Было установлено, что интенсивности изнашивания двух покрытий отличаются незначительно как при низких, так и при высоких нагрузках, хотя микротвердость легированного покрытия меньше.

Введение пластичного молибдена, позволило уменьшить пористости керамического покрытия в 2-2,4 раза. Для покрытия из оксида алюминия коэффициент трения составляет 0,24-0,26. Введение молибдена позволило снизить коэффициент трения в 2-2,2 раза. Особенно заметна разница в коэффициентах трения легированного покрытия и чистого оксида алюминия при больших давлениях в паре трения. Представленные результаты показывают перспективность применения диффузионного легирования керамических порошков для получения покрытий с высокими эксплуатационными свойствами.

УДК 621.78.012.5

Ресурсосберегающие технологии и оборудование индукционной термической обработки изделий машиностроения

Михлюк А.И.

ОАО «Минский автомобильный завод»

Описаны следующие внедренные технологические процессы и оборудование в области индукционной термообработки, обеспечившие значительный технико - экономический эффект.

Первой представлена технология индукционной термической обработки сыпучих металлических материалов. Используется принцип комплексного воздействия высокочастотного электромагнитного поля на движущийся поток металлических частиц в транспортирующем барабане, выполненном из ферромагнитного материала. Разработана конструкция промышленной индукционной установки. Внедрение данной технологии позволило получить экономический эффект около 930 000 долларов США

Показаны выполненные работы на ОАО «МАЗ» по скоростной индукционной термической обработке длинномерного проката, в частности стального круглого проката Ø 16-30 мм и прямоугольных электросварных труб с размером грани до 110 мм. Установлено: данная термическая обработка обладает рядом преимуществ по сравнению с объёмной печной – высокой производительностью, широкой возможностью регулирования параметров технологического процесса, автоматизацией технологических операций и переходов. После индукционной термической обработки достигается повышение пластичности материала до 38-40%, прочности – до 5-8%. Данная технология обеспечивает снижение энергозатрат на обработку на 16-19%. Экономический эффект внедрения составляет более 380 млн. рублей в год.

Третьей технологией является технология объёмно-поверхностной закалки деталей автотехники МАЗ из сталей пониженной прокаливаемости. Данная технология является альтернативой ХТО и обеспечивает большую твердость поверхностного слоя и сердцевины, большую глубину упрочненного слоя.

Внедрение новой технологии для упрочнения двух типов шестерен заднего моста автомобиля МАЗ обеспечило сокращение цикла упрочнения с 28 часов до 5 мин, снижение затрат электроэнергии в 11,6 раза. Исключены потребление природного газа, закалочного масла, жаропрочных и жароупорных материалов и вредные выбросы в окружающую среду. Стоимость оборудования для объёмно-поверхностной закалки в сравнении с оборудованием для химико-термической обработки в 6-8 раз ниже.

УДК 621.78

Резервы энергосбережения при термической обработке поковок деталей автотехники МАЗ с индукционным нагревом

Гурченко П. С., Солонович А.А.

ОАО «Минский автомобильный завод»

Представлены результаты проведенных исследований и опытных работ по оптимизации операций термической обработки поковок деталей автотехники МАЗ из углеродистых и легированных сталей.

Показано, что при обеспечении дозирования времени индукционного нагрева и контроля температуры нагрева металла под пластическую деформацию теоретически возможно проведение термической операции улучшения непосредственно с температуры окончанияковки. Проведены практические работы по выполнению операции улучшения детали 64221-2979030 – «палец» из стали 40Х, на твердость 241...285 НВ.

Показана схема и состав оборудования, применяемого при выполнении данной работы. Установлено, что микроструктура представляет собой сорбит, а физико-механические свойства поковок термообработанных по предлагаемому способу соответствуют свойствам поковок прошедших улучшение. Экономическая эффективность предлагаемой технологии составляет около 230 млн. рублей в год в расчете на годовую программу выпуска детали 64221-2979030 – «палец».

УДК 621.78.012.5

Закономерности деформации наружных и внутренних поверхностей при индукционной термообработке

Гурченко П.С., Михлюк А.И., Солонович А.А., Бабук Е.П., Стрижевская Т.И.*
ОАО «Минский автомобильный завод»

Белорусский национальный технический университет*

Исследованы закономерности характера коробления деталей сложной формы при различных видах термической обработки с применением индукционного нагрева – одновременной, объемно-поверхностной и непрерывно-последовательной закалке.

Проведены исследования и установлены закономерности коробления следующих поверхностей деталей автотехники: наружные и внутренние эвольвентные шлицевые поверхности, плоская торцевая поверхность, наружные, внутренние цилиндрические поверхности и наружные цилиндрические зубчатые поверхности.

Установлено, что закалка ТВЧ торцевых поверхностей приводит к образованию конусности на сопрягаемых цилиндрических поверхностях разной формы. При последующей закалке данных цилиндрической поверхности конусность уменьшается с одновременной сложной деформацией («усадка», «седло», «бочка») закаливаемой цилиндрической поверхности. Причем вид данной деформации зависит от следующих параметров: отношение толщины закаленного слоя к толщине стенок, вида поверхности (цилиндр, шлиц, и др.), способа нагрева и способа закалки.

Для непрерывно-последовательной закалки ТВЧ цилиндрических деталей установлено, что происходит увеличение длины закаливаемой детали с одновременным уменьшением диаметра.

При объемно-поверхностной закалке цилиндрических зубчатых поверхностей из сталей ПП происходит увеличение размеров наружных и внутренних поверхностей, а величина искажения формы данных поверхностей напрямую зависит от равномерности нагрева и охлаждения. При равномерности нагрева в интервале 10° С по сечению детали искажение формы не превышает 30% поля допуска.

Исследованиями установлено - при индукционной термической обработке происходят изменения геометрических размеров деталей связанные с значительным количеством факторов. Часть факторов влияющих на коробление можно устранить, но исключить деформации при термической обработке невозможно. Данные факторы необходимо учитывать при термообработке, а количественное выражение этого фактора следует определять опытным путем уже в процессе изготовления детали.

УДК 621. 762

Термическое упрочнение стали 60ПП с использованием импульсной обработки

Андрушевич А.А., Овчинников В.И., Васильев А.В., Кодолич А.А.
Белорусский государственный аграрный технический университет
ОХП «НИИИП с ОП» НАН Беларуси

Перспективными направлениями в области разработки новых процессов упрочнения является создание комбинированных методов их обработки. В технологиях динамического (импульсного) упрочнения введение в дополнение к процессу воздействия ударной волной термической обработки улучшает целый комплекс технологических и механических свойств обрабатываемых материалов

Изучали термическое упрочнение углеродистой конструкционной стали 60ПП после импульсной обработки непосредственно ударной волной и в режиме сверхглубокого проникания (СГП) потоком. порошковых частиц с последующей термической обработкой изготовления. Спецификой импульсной обработки является достижение высоких давлений в обрабатываемом материале в диапазоне малых временных интервалов, менее 0,1 с.

Образцы стали 60ПП подвергались следующим видам упрочнения: Серия 1.-термическая обработка - (закалка + низкий отпуск); Серия 2.-импульсная (ударно - волновая) обработка + термическая обработка; Серия 1.-импульсная обработка с СГП + термическая обработка.

Твердость при использовании импульсного воздействия после термической обработки возросла на 5 - 7 единиц и составила 63 - 68 HRC.

Импульсная обработка в режиме СГП осуществлялась с однократным нагружением порошком карбида кремния SiC с размерами частиц 10 - 50 мкм с использованием взрывного ускорителя. Фоновое давление ударной волны составляло порядка 10 ГПа, время воздействия не более 300мкс.

Импульсная обработка в сочетании с СГП и последующей термической обработкой, существенно изменяют характер износа. Внедрение в

поверхностные слои стали 60ГП частиц карбида кремния приводит к образованию бугристой поверхности износа, которая образуется в результате повышенной твердости внедрённых частиц.

Проведенные исследования показали, что традиционная термическая обработка - закалка и отпуск не обеспечивают достаточно высокой твердости и износостойкости углеродистых сталей пониженной прокаливаемости. Комбинированный способ термического упрочнения конструкционной стали 60ГП в сочетании импульсной обработкой, позволяет существенно увеличить ее износостойкость (в 3-4 раза), с существенным изменением структуры поверхностных слоёв.

УДК 621.762

Исследование структуры и свойств материалов и покрытий из экзотермически реагирующих порошков

Соколов Ю.В., Мурашова И.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из методов нанесения защитных покрытий на детали машин и механизмов является электронно-лучевая (ЭЛ) обработка с использованием экзотермически реагирующих порошков композиционного типа, в которых при нагреве протекают химические реакции, обусловленные взаимодействием компонентов композиции с формированием на поверхности основы слоя с высокой износостойкостью.

Исследованы покрытия NiCr-Ti, полученные механическим нанесением на основу из стали 45 с последующим ЭЛ оплавлением. Предварительно смесь компонентов конгломерировали с использованием связующего.

Установлено, что структура покрытий представлена участками содержащими светлую матрицу с вкраплениями серых включений, имеющих глобулярную и неправильную форму и областями эвтектического состава. Расчет размеров структурных составляющих с использованием программы «Image SP» показал, что размер серых включений глобулярной формы находится в пределах от 2,12 до 5,84 мкм, диаметр от 1,42 до 6,19 мкм; неправильной формы - ширина 7,2...38,9 мкм, диапазон значений площади - 66,3...866,6 мкм². Микротвердость включений не зависит от их формы и составляет - 870 HV, светлой матрицы - 910 HV.

Проведен анализ триботехнических характеристик покрытий. Установлено, что коэффициент трения покрытия NiCr-Ti находится в пределах 0,8 - 0,9. Для сравнения коэффициент трения покрытия Ni-Ti с тем же процентным содержанием титана составляет 0,85 - 0,95.

Влияние динамических воздействий на структурные изменения железных и никелевых сплавов

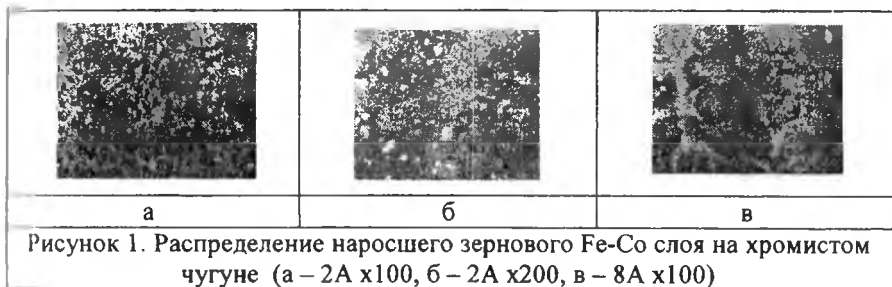
Калиниченко В.А., Воробьёв Д.В.

Белорусский национальный технический университет

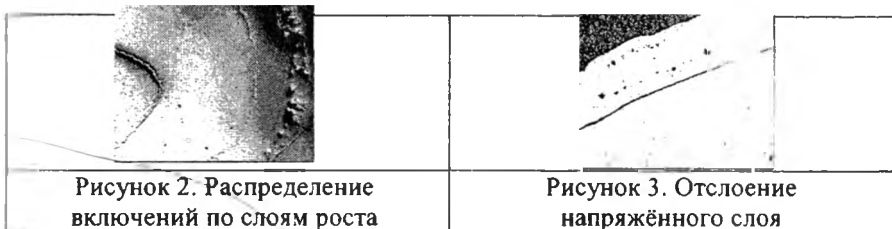
Эксперименты проводились на сплавах железа и никеля которые осаждались на стальную, чугунную и никелевую подложку соответственно.

Для придания высокой износостойкости чугунных пластин для дробёмётов на Жодинском заводе тяжёлых штампов были нанесены покрытия на основе Fe-Co сплава. Как показали микроструктурные исследования (рисунок 1), высокие токовые нагрузки, к примеру 8А на 1см^2 повышают размер зерна нанесённого покрытия в 2-3 раза, что ведёт к снижению износостойкости.

В результате подбора параметров было выяснено, что данная матрица наиболее эффективно упрочняется на малых токах.



Аналогичные исследования были проведены с никелевой матрицей. При этом видно, что при меньших значениях силы тока слои лежат более равномерно (рисунок 2) чем при больших величинах токовой нагрузки, где наблюдается напряжённость слоя и его отслаивание (рисунок 3). Так же заметно что второй и последующие слои роста (рисунок 2) имеют большее количество включений и неравномерностей по сравнению с первым слоем.



Применение высокоэнергетических воздействий на управление структурой железных сплавов

Калиниченко В.А., Калиниченко А.С.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что управление структурой один из основополагающих процессов при ионном осаждении. От ориентации, размеров и распределения включений зерна зависят механические свойства получаемых или восстанавливаемых изделий. В качестве объектов исследований были выбраны пластины из низкоуглеродистой стали 3. Для обеспечения лучшего сцепления осаждённого слоя с подложкой пластины были изначально активированы методом реверсивных последующим нанесением первичное покрытие на основе железа. Как видно из рисунка 1, первичный рост покрытия шел в виде образования столбчатых кристаллов. Вторым этапом, для придания высокой износостойкости стальных пластин были нанесены покрытия на основе Fe-Co сплава.

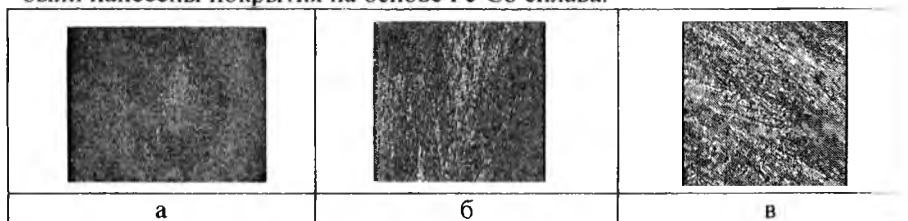


Рисунок 1. Образование столбчатых кристаллов на поверхности активизированного электротехнического железа (а – $\times 50$, б – $\times 100$, в – $\times 400$)

Для поддержания оптимального размера зерна были выбраны следующие параметры: токовая нагрузка примерно 4А на 1см^2 , время осаждения 1 час, рН электролита 3. Как показали микроструктурные исследования (рисунок 2), при данных параметрах получается стабильный размер зерна со включениями износостойкой интерметаллидной фазы. При этом твёрдость полученного покрытия (при изучении на оптическом твёрдомере) показали ориентировочную твёрдость $\text{HV} = 280$. По результатам исследований выяснено, что данное покрытие после ряда доработок может быть использовано для упрочнения стальных изделий.

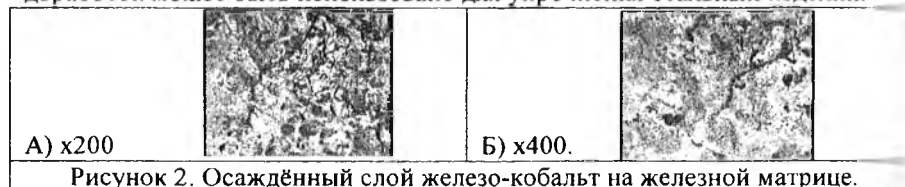


Рисунок 2. Осаждённый слой железо-кобальт на железной матрице.

Теория механизмов и машин

УДК 681.3

Исследование истечения жидкостей из сосудов различной формы

Ковалев В.О., Луцко Н.Я.

Белорусский национальный технический университет

В научно-исследовательской работе по дисциплине «Информатика» выполненной студентом группы 103316 Ковалевым В.О. под руководством старшего преподавателя кафедры «Теория механизмов и машин» Луцко Н.Я., произведено компьютерное моделирование процесса истечения жидкости из сосудов различной формы.

В соответствии с постановкой задачи на дне сосуда переменного поперечного сечения, наполненного жидкостью, имеется отверстие, закрытое диафрагмой. В начальный момент времени диафрагма начинает открываться и полностью освобождает отверстие через τ секунд. В дальнейшем жидкость вытекает из сосуда при полностью открытом отверстии до полного его опустошения.

Моделируется процесс вытекания жидкости из сосудов в виде цилиндра и цистерны. Математической моделью процесса являются задачи Коши вида

$$\begin{cases} \frac{dh}{dt} = \frac{\omega t v(h)}{\tau S(h)} \\ h(0) = H \end{cases}$$

при изменении времени от 0 до τ и

$$\begin{cases} \frac{dh}{dt} = \frac{\omega t v(h)}{S(h)} \\ h(0) = h_1 \end{cases}$$

от момента времени τ до полного вытекания жидкости.

Решение математических задач осуществлялось методом Эйлера и разработкой пользовательской программы на алгоритмическом языке Паскаль. А также аналитически с компьютерной реализацией в виде Excel и MathCad документов.

Построенные программные комплексы использовались для проведения вычислительного эксперимента, анализа полученных результатов и определения времени открытия диафрагмы, при котором жидкость из сосудов различной формы вытечет одновременно.

Проектирование технологий упрочнения деталей на основе результатов динамического анализа механизмов

Авсиевич А.М., Николаев В.А., Адаменко Д.В.
Белорусский национальный технический университет

Для большинства механизмов характерен циклический режим работы т.е. периодическое изменение внешних сил и передаточных функций. Это обуславливает циклическое изменение параметров, определяющих изнашивание различных участков поверхностей пары трения: контактного давления и относительной скорости скольжения. Существуют участки поверхностей, где значения контактного давления выше среднего за цикл. Кроме этого, путь трения для разных точек элементов кинематических пар неодинаков.

Более интенсивное по сравнению с другими изнашивание этих участков поверхностей определяет момент появления недопустимо большого зазора в паре трения. Поэтому при проектировании упрочняющих технологий с учетом неравномерности изнашивания необходимо обеспечить максимальную износостойкости наиболее нагруженных участков поверхности, либо ограничиться упрочнением локальных участков поверхности. Такой подход предполагает экономию ресурсов за счет уменьшения области, где требуется достижение максимального технического эффекта для данной технологии.

Таким образом, проектированию упрочняющих технологий предшествует динамический анализ механизма, в результате которого для каждого элемента поверхности определяются зависимости контактного давления и относительно скорости скольжения от пути трения. По данным расчета строится эпюра износа и выбираются наиболее подверженные износу участки.

Критерием выбора конкретной упрочняющей технологии является возможность варьирования технологическими режимами и управления введением легирующих добавок. В наибольшей степени этому требованию соответствует лазерная обработка, для которой амплитуда варьирования твердости и износостойкости достигает 250 %. Соответствие варьирования технологических параметров эпюре износа обеспечивается применением специально спроектированных технологических приспособлений и инструмента.

Важным этапом разработки технологии является экспериментальное исследование взаимного влияния неравномерно распределенных характеристик поверхности, зависимость которых от режимов обработки как правило имеет различный характер.

Использование возможностей универсальной программы Excel для компьютерной анимации кинематических схем рычажных механизмов

Бусов Е.Л., Дубовская Е.М.

Белорусский национальный технический университет

Внедрение в учебный процесс инновационных образовательных технологий, новых форм и методов обучения предполагает создание различных компьютерных программ, в том числе и таких, в которых имеется возможность показать на экране движение механизмов.

При этом для компьютерной анимации кинематических схем рычажных механизмов можно использовать не только специальные компьютерные программы, но и широко распространенные универсальные, такие, как *Excel* из офисного пакета от *Microsoft*.

При использовании данной программы кинематическая схема рычажного механизма представляется в виде диаграммы *Точечная с прямыми отрезками*. Источниками данных для ее прорисовки будут ячейки таблицы, содержащие координаты точек, соединяя которые, получают фигуры кинематической схемы: прямоугольники, отрезки прямых и т. д. Чтобы получить координаты таких точек в неподвижной системе координат используется метод преобразования координат, легко реализуемый в *Excel*. Вводятся системы координат: неподвижная, связанная со стойкой, и локальные, связанные с каждым подвижным звеном механизма. Относительные перемещения звеньев задаются обобщенными координатами, начальные значения которых вводятся в таблицы *Excel*. В локальных системах координат задаются постоянные параметры, определяющие положения точек фигур. Составляются матрицы перехода от одной системы к другой во всех кинематических парах. Для определения координат точек в неподвижной системе координат перемножаются матрицы-столбцы локальных координат точек на матрицы перехода, используя встроенную функцию умножения матриц *МУМНОЖ* либо «вручную». После изображения на диаграмме кинематической схемы в начальном положении вводится новое значение какой-либо из обобщенных координат, характеризующих относительное движение звеньев в кинематических парах. При этом на диаграмме переместится изображение соответствующего звена. Для более удобного изменения значений обобщенных координат можно составить небольшие программы, используя встроенный в *Excel* редактор *Microsoft Visual Basic*, причем обобщенные координаты могут изменяться как по заданному закону (раздельно или вместе), так и с определенным шагом.

Особенности применения информационных технологий при проектировании кулачковых механизмов

Анципорович П.П., Дворянчикова А.Б., Селедченко А.М.
Белорусский национальный технический университет

Задача поиска информационных технологий, облегчающих изучение раздела «Кулачковые механизмы», является насущной в силу ограниченного объема учебной нагрузки, выделяемого в курсе «Теория механизмов, машин и манипуляторов». Наиболее эффективна в этих условиях работа со студентами при выполнении курсового проекта, где органично сочетаются анализ и синтез механизмов, графические и аналитические методы проектирования. Имеется возможность обеспечить студенту использование, как кафедрального программно-методического комплекса, так и других программных средств, которыми располагает проектант. Поощряется разработка собственных программных продуктов.

Предлагаемый программно-методический комплекс "Синтез кулачковых механизмов" является частью разрабатываемой на кафедре "Теория механизмов и машин" компьютерной технологии обучения методам проектирования схем механизмов.

Комплекс включает компьютерную программу "Проектирование кулачковых механизмов" и методические пособия по курсовому проектированию. Программа позволяет выбрать требуемую структурную схему механизма, метод проектирования (кинематический или динамический), законы движения выходного звена. После ввода геометрических размеров механизма имеется возможность просмотра на экране дисплея вычисленных кинематических характеристик движения выходного звена, либо вернуться к выбору других законов движения толкателя. Результаты проектирования представляются на экране в виде графического изображения кулачкового механизма, причем пользователь может привести в движение механизм и наблюдать за его работой. На экране также демонстрируются графики перемещения, аналога скорости, аналога ускорения толкателя и угла давления в зависимости от угла поворота кулачка.

Интерактивный характер работы программы позволяет в процессе проектирования изменять любые входные параметры синтеза и исследовать их влияние на проектируемую схему кулачкового механизма.

Значительный интерес представляют проекты, выполняемые студентами с использованием системы параметрического автоматизированного проектирования и твердотельного моделирования T-FLEX CAD. Спроектированный самим студентом механизм можно анимировать и исследовать изменение выходных параметров.

Анализ методов и исследование эффективности существующих технических средств пестконтроля

Кудин В.В., Астахов Э.И., Николаев В.А.,
Гарах В.А., Астахов Ю.Г., Киселев Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Показано решение республиканской задачи по пестконтролю (отпугивания птиц) на сезонной части УП Минский комаровский рынок. Указанная задача является актуальной в связи со значительными затратами на удаление продуктов жизнедеятельности птиц с инженерных сооружений VII и необходимости постоянного поддержания территории в надлежащем санитарном и техническом состоянии. В настоящее время эти работы осуществляются с применением преимущественно ручного труда, при этом уборка проводится не всегда качественно и своевременно.

Приведен аналитический обзор по литературным и электронным источникам информации основных существующих методов пестконтроля : 1) устранение присад; 2) дискомфорт существования; 3) имитация хищника; 4) акустические; 5) снижение качества пищи; 6) ликвидация гнездований; 7) снижение размножения. Среди существующих технических средств пестконтроля выделены по основным физическим элементам: 1) механические (стационарные, с подвижными звеньями и гидравлические); 2) электромеханические; 3) акустические (шумовые, биоакустические); 4) ультразвуковые; 5) электрофизические; 6) светотехнические.

Анализ эффективности средств пестконтроля производился вычислением процента отпуганных птиц по отношению к первоначальному на исследуемом объекте. Среди механических стационарных средств наилучшие результаты показали блоки шипов («ежи») производства фирмы «Агрокон» (Россия), обеспечивающие около 100% пестконтроля. Низкую эффективность показал биоакустический прибор Bind Gard Pro фирмы «Bird Gard» (США) с чипом №81 (2 – 5%). Немного выше процент пестконтроля показал ультразвуковой отпугиватель птиц Bird Chase Ultrasonic (США) – 10 – 15%.

Более высокую эффективность показали светотехнические средства пестконтроля – желтые шары с глазами хищника и блестящими лентами (50 ÷ 60%), однако отдельно ни одно из исследуемых средств не обеспечивает 100% эффективность отпугивания птиц. Поэтому для решения задач пестконтроля определенного объекта нужен оптимальный подбор нескольких существующих средств либо разработка принципиально новых подходов к решению данной проблемы.

Динамический анализ рычажного механизма ножничного подъемника

Астахов Э.И., Гарах В.А., Макаров А.Д.
Белорусский национальный технический университет

Ножничные подъемники часто используют для подъема и перемещения крупногабаритных грузов в стесненных производственных и складских помещениях. Для разработки импортозамещающих подъемников на предприятиях республики необходима методика расчета их кинематических и динамических параметров. В связи с отсутствием в существующей литературе готовых методик расчетов задач работы является разработка методики динамического силового расчета механизма ножничного подъемника и анализ нагруженности его звеньев и шарниров.

Для десятизвенного шарнирно-рычажного механизма ножничного подъемника показана методика динамического расчета реакций в шарнирах от действия внешней силы Q поднимаемого груза, сил веса G_i и инерционных сил F_{i_i} и моментов M_{i_i} звеньев на стадии разгона при подъеме груза. Выделены статически определимые цепи с внешними силами и реакциями в кинематических парах:

- 1) поднимаемая площадка 9 с внешней парой скольжения и шарниром;
- 2) три промежуточные структурные группы 2-го класса 1-го вида из звеньев 7 и 8, 5 и 6, 3 и 4;
- 3) нижняя входная группа звеньев 1 и 2 с высшей парой скольжения и движущей силой $F_{yp} = F_d$ поршня гидроцилиндра.

Для каждой системы записаны уравнения статического равновесия в виде проекций сил на оси координат X, Y и уравнений моментов. Определение реакций в структурных группах свелось к решению системы шести уравнений с шестью неизвестными методом Гаусса. На основании полученных уравнений составленная программа силового расчета на компьютере позволила определить реакции во всех кинематических парах механизма.

Для исследуемого варианта ножничного подъемника при весе поднимаемого груза $Q = 10000H$, массе площадки $m_9 = 500кг$ и массе звеньев $m_i = 31,6кг$ максимальная реакция достигает 1345 кН, движущая сила гидроцилиндра $F_d = 60,4кН$. Доля динамических инерционных нагрузок незначительна, что приводит почти к статическому расчету.

Явление заострения профиля кулачка в кулачковых механизмах

Анципорович П.П., Акулич В.К., Дубовская Е.М.
 Белорусский национальный технический университет

При динамическом синтезе кулачковых механизмов с роликовым толкателем вначале на основании полученных ранее зависимостей перемещения и аналога скорости толкателя определяются параметры и координаты так называемого центрального (теоретического) профиля кулачка, который находится во взаимодействии с остроконечным толкателем. После этого определяются радиус ролика r_p и координаты действительного профиля кулачка, который является эквидистантным по отношению к центральному профилю и представляет собой огибающую семейства окружностей радиуса ролика.

При выборе радиуса ролика руководствуются двумя условиями:

$$r_p < 0.4 r_0, \quad (1)$$

$$r_p < 0.7 \rho_{min}, \quad (2)$$

где

r_0 — минимальный радиус теоретического профиля кулачка,

ρ_{min} — минимальный радиус кривизны теоретического профиля кулачка.

Первое соотношение обеспечивает примерно равную контактную прочность, как для кулачка, так и для ролика.

Второе условие обусловлено тем, что на выпуклых участках радиус кривизны действительного профиля уменьшается при увеличении величины радиуса ролика r_p , что приводит к росту контактных напряжений. При радиусе $r_p > \rho_{min}$ величина действительного радиуса кривизны становится отрицательной, т.е. нереальной. Это выражается в явлении самопересечения (заострения) действительного профиля кулачка. В случае геометрического замыкания высшей пары «кулачок – толкатель» условие (2) должно выполняться как для выпуклой части кулачка (чтобы не было подреза внутреннего профиля), так и для вогнутой (чтобы исключить подрез внешнего профиля).

Выполненные с помощью разработанных авторами программ синтеза кулачковых механизмов исследования показывают, что в ряде случаев избежать заострения профиля кулачка можно с помощью дополнительного кинематического синтеза. В исходные данные вводятся увеличенный минимальный радиус теоретического профиля кулачка и производится проверка на заострение.

Модернизированный инструмент для пневмоцентробежной обработки

Сухоцкий А.А.

Белорусский национальный технический университет

Изготовление линз малого радиуса кривизны (менее 15 мм) проводят преимущественно, по шариковой технологии. Однако традиционные методы получения стеклянных шариков из заготовок некруглой формы не обеспечивают гарантированное многоосное движение изделия в рабочей зоне, требуемое для высококачественной обработки, так как положение его мгновенных осей вращения зависит от ряда случайных величин. При этом трудно, а зачастую, и невозможно, выяснить роль каждого отдельного фактора в процессе получения деталей высокой степени сферичности.

В сообщении рассматривается способ формообразования шариков и поле сил инерции и математическая модель движения заготовки с учетом изменения ее массы на этапе предварительной обработки. Сущность способа заключается в том, что заготовки кубической формы помещают между двумя соосно расположенными инструментами с коническими рабочими поверхностями и вращают заготовки вокруг оси инструментов посредством находящейся под давлением воздушной струи, направленной тангенциально по отношению к рабочим поверхностям.

В начальный момент времени формообразования шарика по предлагаемому методу происходит сьем вершин кубика и только при приближении его диагонали к размеру грани наблюдается общая обработка заготовки по всей поверхности. Такая закономерность формирования сферы куба является оптимальной, что не обеспечивается на используемом в настоящее время в оптической промышленности технологическом оборудовании для получения шариков, работающим по принципу центрифугирования.

Анализ работы устройства показывает, что процесс получения шариков из заготовок кубической формы можно математически смоделировать, выделив несколько стадий: качение кубика без скольжения вокруг некоторой неподвижной точки, качение заготовки с проскальзыванием при сработанных вершинах, качение заготовки с проскальзыванием на стадии доводки. Так как при обработке шариков по предлагаемому методу происходит значительный сьем припуска, то разработанная математическая модель учитывает изменение массы заготовки во времени на основе уравнения Мещерского. Полученные соотношения позволяют оценить интенсивность съема припуска с заготовки, что является важным при автоматизации процессов изготовления микрооптики.

Гидропневмоавтоматика

Актуальность вспомогательной тормозной системы

Павловец А.А., Сафонов А.И.

Белорусский национальный технический университет

В некоторых дорожных условиях, таких как служебное торможение, движение на склонах на эффективности процесса торможения автопоезда сказывается отсутствие согласования в работе вспомогательной тормозной системы (торможение двигателем) и рабочей тормозной системы прицепных транспортных средств. Во многих случаях это приводит к складыванию звеньев, и как следствие, к потере устойчивости и управляемости автопоезда.

Например, неоднократно отмечается, что при движении автопоезда со скоростью транспортного потока, приближаясь к перекрестку, соблюдая дистанцию, не меняя полосы движения в сложных дорожных условиях с наличием на дорожном покрытии гололеда при сбрасывании водителем скорости путем уменьшения оборотов двигателя наблюдается боковой занос прицепа с появлением резонансных боковых движений (колебаний) прицепа по дороге с заносом на полосу встречного движения и обочину дороги, что создает опасность для других участников движения.

Данная проблема особенно актуальна в современном автомобилестроении, т.к. увеличение общей грузоподъемности достигается не только за счет увеличения объема прицепного состава, но и за счет увеличения количества звеньев (до двух и более). В этой связи для повышения эффективности тормозной системы автопоездов, а так же для обеспечения безопасности при их эксплуатации необходимо найти решение данной проблемы, например, через внедрение определенной вспомогательной тормозной системы автопоезда, согласующей действие вспомогательной тормозной системы тягача и рабочих тормозов прицепного состава.

Возможно, необходимо двигаться по нескольким направлениям в поисках пути решения проблемы.

Учитывая современный уровень развития электронных систем управления автомобилем, можно построить систему согласования тормозов прицепа и тягача на основе электронного блока, который будет отслеживать параметры торможения автомобиля-тягача, параметры состояния прицепа и модулировать определенные сигналы для работы рабочей тормозной системы прицепа.

Второй путь решения проблемы может лежать в поиске тех механических систем-исполнителей и фиксирования на них каких-то выходных данных, которые будут входными данными для решения нашей задачи.

Нагруженность механической передачи тягового привода троллейбуса

Сафонов А.И.

Белорусский национальный технический университет

Проанализированы факторы, определяющие динамические нагрузки механической передачи тягового привода троллейбуса. Предложена методика определения расчетных моментов нагружающих элементы трансмиссии. Проанализированы результаты исследования и предложены рекомендации по снижению динамической нагруженности трансмиссии троллейбуса.

Разработанная математическая модель, обладающая высокой степенью адекватности, может быть использована при оценке динамической нагруженности трансмиссии троллейбусов и формировании алгоритмов оптимальной работы систем управления тяговым и тормозным приводами.

В исследованиях нагруженности трансмиссии троллейбуса при условии плавного нарастания тягового момента при трогании с достаточной степенью точности можно использовать статические модели.

Для снижения нагруженности элементов трансмиссии троллейбуса необходимо: обеспечить в меру более плавное (за 1-1,5 с) нарастание тягового момента двигателя; предпочтительно использовать схему трансмиссии с двумя ведущими мостами; предусмотреть наименьшее максимально установившееся значение тягового момента двигателя, но при этом обеспечить тягово-скоростные свойства машины.

Полученные в ходе моделирования значения динамических моментов, действующих в трансмиссии троллейбуса, можно использовать в расчетах ее отдельных элементов на прочность.

Проведенные исследования являются частью комплекса научно-исследовательских работ, проводимых кафедрой «Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод» БНТУ с 1997 года в рамках хозяйственной и государственной тематики по разработке тяговых и тормозных приводов нерельсового городского электрического транспорта. Результаты проведенных исследований, в частности по снижению динамической нагруженности трансмиссии за счет формирования оптимальной характеристики двигателя, используются УП «Белкоммунмаш» и могут быть использованы другими предприятиями автомобилестроения при создании и совершенствовании тяговых и тормозных приводов пассажирских и грузовых транспортных средств, оборудованных электромеханической трансмиссией.

К гидравлическому расчету теплообменных аппаратов

Филипова Л.Г.

Белорусский национальный технический университет

Теплообменники широко применяются в различных промышленных технологических процессах

Ту часть теплообменника, в которой происходит процесс передачи теплоты, называют теплопередающей матрицей. В матрице теплоносители могут совершать один или несколько ходов. При увеличении количества ходов возрастает скорость движения теплоносителя, что ведет к интенсификации процесса теплопередачи и повышению тепловой эффективности теплообменника. Однако при этом возрастают гидравлические потери и затраты энергии на обеспечение движения теплоносителя.

При движении теплоносителей в каналах матрицы вследствие гидравлических сопротивлений давление на выходе понижается на некоторую величину Δp . Изменение давления по длине канала схематично показано на рисунке 1. Общее падение давления можно представить суммой его составляющих, вызванных различными видами сопротивлений:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{вх}} + \Delta p_{\text{пр}} + \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{в}} - \Delta p_{\text{вых}}, \quad (1)$$

где $\Delta p_{\text{вх}}$ - потери давления на входе в канал; $\Delta p_{\text{пр}}$ - потери при перестройке профиля скоростей; $\Delta p_{\text{тр}}$ - потери на трение; $\Delta p_{\text{в}}$ - изменение давления вследствие ускорения или замедления потока в канале; $\Delta p_{\text{вых}}$ - частичное восстановление давления на выходе из канала.

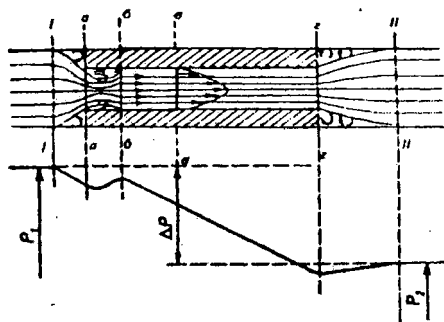


Рисунок 1 – Профили скоростей и характер изменения давления теплоносителя в канале теплообменника

Математическая модель гидропривода тормозов прицепных средств

Тарбаев В.В.

Белорусский национальный технический университет

Тормозные механизмы тягачей и прицепов любой конструкции должны иметь привод, который обеспечивал бы передачу необходимого приводного усилия при ограниченном ходе и усилии на педаль. В настоящее время на автопоездах грузоподъемностью более 30 кН устанавливаются гидравлические тормозные приводы с использованием унифицированных узлов, серийно выпускаемых автомобильной промышленностью. В гидравлической системе предусмотрен независимый привод от рычага управления, расположенного на тягаче. Привод состоит из главного тормозного цилиндра, установленного на тягаче, соединительного трубопровода и исполнительных тормозных цилиндров колес прицепа.

В процессе проектирования гидравлического тормозного привода прицепных средств большой грузоподъемности, при составлении математической модели, часто возникает необходимость обеспечения требуемой скорости выходного звена привода при определенном давлении торможения главного тормозного цилиндра. К основным параметрам, определяющим механическую характеристику исполнительного механизма, относятся:

1. Эффективная площадь поршня гидроцилиндра;
2. Минимальный расход рабочей жидкости через тормозной кран.

Под механической характеристикой исполнительного механизма желаемого вида понимается зависимость, обеспечивающая установившееся время срабатывания при максимальном управляющем сигнале ($P_{x, \max}$).

Преимущество большинства тормозных приводов прицепных средств состоит в простоте и унификации с серийно-выпускаемыми узлами. К недостаткам приводов можно отнести:

1. Невозможность обеспечения синхронности торможения тягача и прицепа;
2. Отсутствие возможности агрегатирования с двумя прицепами;
3. Низкое быстроедействие гидравлического тормозного привода прицепа.

Применение тормозного крана со следящим действием в контуре гидропривода тормозов прицепа позволяет устранить приведенные выше недостатки. При использовании тормозного крана со следящим действием возможно добавление дополнительного разъема для присоединения дополнительных гидрофицированных узлов тягача.

Экспериментальные исследования усилителя потока рулевого управления автомобилей особо большой грузоподъёмности

Автушко В.П., Жилевич М.И., Заболоцкий Е.М.
Белорусский национальный технический университет

Одним из основных этапов создания новых конструкций гидроагрегатов является их исследование с целью определения рабочих характеристик; изучения внутренних процессов; выявления надёжности и долговечности работы гидромашины; изучения влияния изменения конструктивных элементов гидроаппаратуры на процессы, происходящие в гидроприводе; изучения динамических свойств гидроагрегатов и влияния их на режим работы гидропривода; определения эксплуатационных качеств и эффективности применения гидроагрегатов на различных машинах.

Методически все виды испытаний делятся на стендовые, лабораторно-дорожные и дорожные (пробеговые и эксплуатационные).

Так как в реальных условиях движение автомобиля сопровождается возникновением различных возмущающих сил, действующих на управляемые колёса, поэтому при проведении испытаний узлов рулевого управления требуется имитировать различные варианты нагружения привода рулевого управления, такие как: без внешней нагрузки; с постоянной внешней нагрузкой; с попутной регулируемой внешней нагрузкой. После проведения успешных стендовых испытаний гидроагрегаты подвергаются обязательным эксплуатационным испытаниям в составе машин для определения параметров системы рулевого управления и управляемости.

Экспериментальные исследования усилителей потока, применяемых на карьерных самосвалах и фронтальных погрузчиках, включают в себя испытания при следующих режимах работы:

1. Карьерный самосвал. 1.1 Самосвал порожний. 1.1.1 Повороты управляемых колес на месте из среднего положения на максимальные углы влево и вправо с максимально возможной скоростью вращения рулевого колеса при частоте вращения двигателя 1400...1600 об/мин. 1.1.2 Повороты управляемых колес на максимальные углы влево и вправо при движении со скоростью 10, 15, 20 км/час. 1.2 Самосвал с максимальной полной массой. 1.2.1 и 1.2.2 Аналогичны испытаниям порожнего самосвала. 1.2.3 Повороты влево и вправо при торможении во время входа в поворот со скоростью 10, 15, 20 км/час.

2. Фронтальный погрузчик. 2.1 и 2.2 Аналогичны испытаниям порожнего самосвала. 2.3 Наезды на стандартные препятствия поочередно левыми и правыми колесами при движении по прямой со скоростью 5, 10 км/час.

Технические средства для экспериментальных исследований насосов-дозаторов и усилителей потока

Автушко В.П., Жилевич М.И., Заболоцкий Е.М.
Белорусский национальный технический университет

Испытания как основная форма контроля гидравлических изделий представляют собой экспериментальное определение количественных и качественных показателей свойств изделия как результата воздействия на него при его функционировании, а также при моделировании объекта. Цели испытаний различны на различных этапах проектирования и изготовления гидроагрегатов.

Выбор средств измерений для проведения экспериментальных исследований должен производиться с учётом погрешностей, допускаемых при измерении и заданных в соответствующих нормативных документах.

При выборе средств измерений объёмного или массового расхода, частоты вращения и в связи с тем, что отсутствует нормативная документация регламентирующая определение погрешности измерения этих величин в зависимости от допуска на контролируемый параметр, необходимо задавать предельно допустимую погрешность измерений данных параметров в конструкторской документации на изделие. После того, как осуществлен предварительный выбор по точности средств измерений, производят окончательный выбор средств измерений с учётом требований к рабочей области значений влияющих величин, габаритам, массе, особенностям конструкции, соединительным элементам и т.д.

Контролируемыми параметрами при проведении испытаний компонентов рулевого управления, таких как насос-дозатор и усилитель потока, являются давления в различных точках гидросистемы, расход рабочей жидкости, перемещение штока цилиндра поворота и скорость вращения рулевого колеса. Величины давлений и частота вращения фиксируются аналоговыми датчиками. Для измерения расхода рабочей жидкости применяют расходомеры шестеренного и турбинного типа с частотными датчиками.

Для отображения и записи фиксируемых значений используют комплексные системы, с помощью которых возможно обрабатывать все параметры одновременно и проследивать динамику их изменения. Такие решения предлагает немецкая компания Hydrotechnik. В зависимости от модели их универсальные приборы измерений имеют от двух до шести аналоговых входов и от одного до двух частотных, также отличается объём памяти для записи регистрируемых величин. Эти приборы имеют дисплей, на котором возможно отображать данные в реальном времени в виде графиков либо таблиц с частотой выборки от одной миллисекунды.

К расчету осевых сил в гидродинамической передаче

Бартош П.Р., Кишкевич П.Н., Селивончик И.Г.

Белорусский национальный технический университет

На долговечность работы гидродинамических передач (гидромуфт и гидротрансформаторов) значительно влияют осевые силы, действующие на лопастные колеса и нагружающие опорные подшипники.

В литературе недостаточно уделено внимание расчету осевых сил в гидродинамической муфте со статическим самоопорожнением. Так как рабочая жидкость действует на наружные и внутренние поверхности лопастных колес такой гидромуфты, то при расчете должны учитываться:

1. Осевые силы, вызванные гидростатическим давлением центробежных сил, действующих на рабочую жидкость:

$$F_1 = \int_{R_0}^{R_H} p \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot dR,$$

где R_0 и R_H - соответственно начальный и наружный радиусы поверхности лопастного колеса (диска), на которую действует давление центробежных сил; p - давление жидкости, возникающее от центробежных сил; R - текущий радиус, на котором размещена элементарная площадь $2\pi \cdot R \cdot dR$, подверженная действию давления $p = w_{cp}^2 \cdot R \cdot \rho \cdot V / A$ (w_{cp} - средняя скорость вращения насосного и турбинного колеса; V - объем рабочей жидкости в рассматриваемой полости; ρ - плотность рабочей жидкости).

2. Осевые силы, обусловленные инерционностью жидкости при движении ее в круге циркуляции и смене направления движения:

$$F_2 = 2 \cdot \rho \cdot Q \cdot c_m,$$

где Q - расход жидкости в круге циркуляции; c_m - меридиональная скорость жидкости.

3. Осевые силы, действующие на неуравновешенные поверхности лопастных колес в результате подачи жидкости под давлением во внутреннюю полость гидродинамической муфты:

$$F_0 = p_n \cdot A_0,$$

где p_n - давление жидкости, поступающей для подпитки гидромуфты, A_0 - неуравновешенная площадь колеса.

В результате составляются уравнения баланса сил, действующих в осевом направлении для каждого колеса, позволяющие осуществлять дальнейшие проектировочные расчеты.

Принцип Load Sensing в современных гидросистемах

Селивончик И.Г.

Белорусский национальный технический университет

Принцип Load Sensing (принцип адаптации к нагрузке, LS-принцип) широко применяется при построении современных гидросистем. Суть данного принципа заключается в поддержании постоянного перепада давления между напорной магистралью и LS-линией управления, давление в которой определяется наибольшим давлением в одном из контуров потребителей в данный момент времени: $\Delta p_{LS} = p_H - p_{НАГР(max)} = const$.

Функцию поддержания постоянного перепада давления осуществляет регулятор 5 насоса переменной производительности 6 (рисунок 1). Формирование сигнала управления (выбор максимального уровня давления) осуществляется обратными клапанами 2. Потребители 1 управляют пропорциональными гидрораспределителями 3 (показаны в виде управляемых дросселей). Компенсирующими клапанами 4 поддерживается постоянный перепад давления на пропорциональных гидрораспределителях 3:

$$\Delta p_{ГРi} = p_i - p_{НАГРi} = p_{ПР} = const.$$

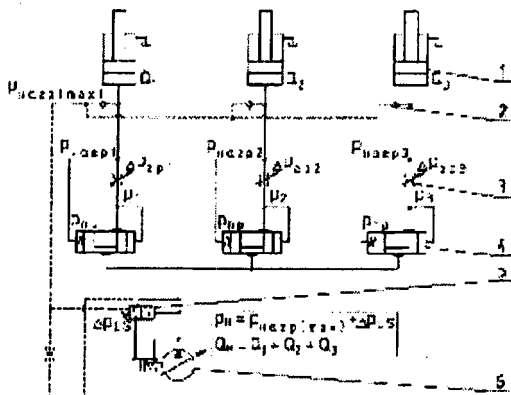


Рисунок 1 – Схема LS-гидросистемы с машинной адаптацией к нагрузке

Применение принципа адаптации к нагрузке имеет следующие преимущества: энергетическая эффективность; возможность совмещения рабочих операций; однопоточная структура гидропривода; стабильность регулировочной характеристики и точное позиционирование управляемых рабочих органов; повышение производительности выполняемых работ.

Недостатки: повышаются требования к чистоте рабочей жидкости; максимальная подача насоса должна быть не менее максимально возможного расхода потребителей.

Оценка и уменьшение сил, действующих на опоры вала центробежного насоса

Бартош П.Р., Кишкевич П.Н.

Белорусский национальный технический университет

Величина осевых сил, действующих на опоры вала (особенно для многоступенчатых центробежных насосов), определяет долговечность работы подшипников. Одним из способов уменьшения осевых сил в многоступенчатых насосах является применение гидравлической пяты. В этом случае часть жидкости из лопастного колеса последней ступени центробежного насоса поступает к гидравлической пяте через зазор между колесом и корпусом и концентричный зазор, образованный вокруг вала насоса. Возникающая осевая сила на диске гидравлической пяты уравнивает суммарную осевую силу на колесах насоса.

Давление p_H на выходе из насоса определяется на основании основного уравнения лопастных машин.

При движении жидкости от выхода насоса в сторону вала между колесом последней ступени и корпусом давление жидкости уменьшится на

$$p_H - p_1 = \rho \cdot \frac{\omega^2}{8} \cdot (R_H^2 - R_{\text{зм}}^2),$$

где p_1 – давление жидкости в кольцевом зазоре между валом и корпусом насоса; ρ – плотность жидкости; ω – частота вращения колеса; R_H – наружный радиус лопастного колеса; $R_{\text{зм}}$ – максимальный радиус кольцевого зазора.

Потеря давления в кольцевом зазоре:

$$p_1 - p_2 = \frac{6 \cdot \mu \cdot l}{\pi \cdot R_{\text{зм}} \cdot b^3} \cdot Q_o,$$

где p_2 – давление жидкости на входе в пяту; μ – динамическая вязкость жидкости; l – длина кольцевого зазора; b – ширина кольцевого зазора в радиальном направлении; Q_o – расход через кольцевой зазор, определяемый по формуле Торричелли.

Потеря давления в гидравлической пяте $p_2 - p_3$ определяется из условия, что $p_3 \leq 0,5 \dots 0,8 \text{ МПа}$.

Осевая сила равна перепаду давления на диске умноженному на его площадь.

В расчетах учитывается неравномерность распределения давления на диске гидравлической пяты.

Напорные клапаны с асимметричным торможением

Бартош Ю.В., Шевченко В.С., Королькевич А.В.
Белорусский национальный технический университет

Напорные клапаны предназначены для предохранения гидросистем от перегрузок и для поддержания заданного давления в гидросистеме. Их достоинство – быстродействие, безотказность, простота.

К недостаткам известных клапанов следует отнести ограниченность расхода при высоких давлениях, т.к. с ростом давления и расхода через клапан он становится недолговечным. Причиной недолговечности является недостаточное заполнение полости демпферного устройства при открытии клапана и слабое торможение запорно-регулирующего элемента при его закрытии.

Для расширения функциональных возможностей клапана за счет увеличения давления и расхода потока жидкости, проходящего через клапан предложено улучшить заполнение полости демпферного устройства при открытии клапана и обеспечить плавное его закрытие, т.е. убрать торможение при открытии клапана и обеспечить требуемое торможение при его закрытии.

Поставленная задача достигается тем, что предохранительный клапан, содержит запорно-регулирующий элемент, демпферное устройство, в полости которого расположен поршень, напорный и сливной клапаны. Полость демпферного устройства соединена с напорным каналом посредством канала, выполненного в поршне и отделена от него клапаном переменного сопротивления, который подпружинен к поршню.

Кроме отмеченных преимуществ предлагаемого клапана нужно еще отметить еще два: 1) заполнение демпферной полости, связанной с напорным клапаном происходит быстрее, чем при связи его со сливным благодаря более высокому давлению в напорном канале; 2) прилегание клапана переменного сопротивления к запорно-регулирующему элементу также способствует более быстрому заполнению демпферной полости при резком подъеме элемента.

Дифференциальные клапаны позволяют значительно уменьшить усилие рабочей пружины (примерно в 4 раза), а следовательно, и ее габариты. Дифференциальный клапан содержит те же элементы, что и предохранительный клапан недифференциального действия. Отличие состоит в том, что полость демпферного устройства соединена не с напорным, а со сливным каналом.

Гидросистемы фронтальных погрузчиков. Состояние и перспективы развития

Герасимович А.К.

Белорусский национальный технический университет

На фронтальных погрузчиках, изготавливаемых ОАО «Амкодор», широко применяется гидравлический привод.

На погрузчиках грузоподъемностью до 2т в качестве насосного агрегата начали применяться шестерённые насосы серии 3 и 4, изготавливаемые ОАО «Гидросила» (Украина). На машинах более высокой грузоподъемности применяются аксиально-поршневые насосы ОАО «Пневмостроймашина» (Россия) и ОАО «Стройгидравлика» (Украина). Это связано с более высоким давлением в гидросистеме (до 21МПа), а также более высоким КПД и надёжностью таких насосов.

Проблема снижения энергозатрат и повышения КПД гидросистем ведёт к внедрению регулируемых насосов с прямым гидравлическим управлением или чувствительных к нагрузке (с LS управлением).

С целью обеспечения компактности гидросистемы в гидрораспределитель встраиваются противоударные и противокавитационные клапаны, элементы сигнализации положения золотника (включения той или иной операции), электроуправляемые клапаны, обеспечивающие разгрузку гидросистемы при аварийных режимах работы машины.

Управление распределителем ручное механическое или на погрузчиках грузоподъемностью более 3т дистанционное гидравлическое от пропорционального блока управления. Применение блока управления значительно уменьшает усилия на рукоятке управления.

Применение уплотнительных и направляющих элементов фирм «Simrit», «Dichtomatik», «Merkel» позволило свести к минимуму вынос масляной пленки на поверхности штока и повысить надёжность гидроцилиндров.

Гидрообъемной трансмиссией комплектуются погрузчики грузоподъемностью до 2,5т. Применяются регулируемые аксиально-поршневые насосы и гидромоторы фирмы «Sauer-Danfoss» с электрогидравлическим пропорциональным управлением. Максимальное давление в трансмиссии до 42МПа. Трансмиссия обеспечивает рабочий и транспортный режимы движения машины, плавность начала движения и остановки, удобство управления погрузчиком.

В качестве рабочей жидкости применяются сезонные масла: летом МГЕ-46В, зимой ВМГЗ. Как всесезонная рабочая жидкость внедряется масло ТНК Гидравлик HVLP32, обладающая высоким индексом вязкости.

Гидропривод подач горизонтального силового стола

Жук А.А., Шевченко В.С.

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

Наибольший интерес вызывает использование гидропривода в механизмах подач силовых столов агрегатных станков. Гидропривод позволяет бесступенчато регулировать скорость перемещения силового узла в широком диапазоне, обеспечивает плавность и стабильность перемещения, работу в динамических режимах с требуемым качеством переходных процессов, защиту системы от перегрузки и точный контроль действующих усилий и позиционирования. Наибольшие изменения затронули способ монтажа гидроаппаратов. Желание наиболее оптимально и компактно расположить саму гидроаппаратуру на станке привело к использованию фланцевого способа монтажа гидроаппаратуры. В этом случае вся гидроаппаратура управления различными ходами подач и ускоренного хода, монтируется на одной или нескольких плитах, которые собираются в один блок. Вся эта конструкция прифланцовывается к задней крышке силового гидроцилиндра. Исключение составляет только тормозной распределитель, который устанавливается непосредственно на неподвижной части направляющей силового стола.

Достоинства такой конструкции следующие: высокая жесткость привода, т.к. регулятор расхода расположен в непосредственной близости от силового гидроцилиндра; компактность и уменьшение массогабаритных характеристик; на каждом гидроцилиндре можно монтировать блок управления с различными номинальными проходами; отсутствие утечек. К тому же, существенно уменьшается число трубопроводов: нужны лишь две линии (давления и слива) для подключения к гидромагистральям и две линии для подключения путевого распределителя, что уменьшает затраты по прокладке трубопроводов и их количеству.

При использовании такой конструкции возможно относительно несложное изменение технологического цикла – увеличение/уменьшение количества подач, подачи с разными рабочими скоростями. Это выражается в том, что к базовой плите блока достаточно подсоединить дополнительную монтажную плиту с гидроаппаратами, которая «управляет» рабочими подачами. Такая плита создается под каждый цикл, что значительно облегчает переналадку и позволяет достаточно широко варьировать различными вариантами технологических циклов. Все выше рассмотренные особенности гидропривода подач широко используются на практике, опыт эксплуатации подтвердил правильность этих решений, которые способствуют развитию гидроприводов подач силовых узлов.

Метод и алгоритм управления реологическими процессами в системах смазки

Веренич И.А.

Белорусский национальный технический университет

Управление трением в системах смазки машин основано на том, что процессы в парах трения имеют скачкообразный колебательный характер, вызванный зачастую одновременным действием сухого, граничного и жидкостного трения и имеют хаотический характер, особенно при пусках и остановках машин. Управление силами трения осуществляется смазками таким образом, чтобы вместо хаотического взаимодействия возникло плавное скольжение. Известны алгоритмы управления силами трения на основе линеаризации отображения Пуанкаре и метода модального управления. Алгоритм предусматривает оценку динамики внутренних степеней свободы трибологической пары. Известны алгоритмы Эльмера, основанные на методе Пирагаса, т.е. использующие макроскопические уравнения движения системы и запаздывающую обратную связь. Управляющим воздействием является скорость скольжения или нормальная составляющая силы. Известны так же ОРФ-алгоритмы управления силами трения с эпизодической импульсной пропорциональной обратной связью.

Предлагается алгоритм управления силами трения в трибологических парах, не требующий оценки состояния системы. Алгоритм основан на описании движений, возникающих в вязкой жидкости при колебаниях погруженных в нее твердых тел с частотой ω и зависимости реологических свойств масел от частоты пульсаций. Управление силой трения осуществляется по безразмерной скорости скольжения и приведенному числу Рейнольдса. Закон управления и его параметры зависят от вида трибологической пары, смазочного материала и нагрузочного режима. Управляющий сигнал подается только при выполнении граничных условий в виде высокочастотных колебаний малой мощности.

В качестве примера исследовано колебательное движение диска радиусом 0,2 м в минеральном масле кинематической вязкостью $(10 \dots 68) \text{ мм}^2/\text{с}$ и угловой скоростью вращения $(0 \dots 90) \text{ с}^{-1}$. Определялись зависимости силы трения, момента сил трения и энергии диссипации от частоты колебания поверхности, вязкости среды, величины зазора (толщины смазочной пленки), частоты управляющего сигнала и приведенного числа Рейнольдса. Установлено, что сила трения и момент трения снижаются при увеличении частоты управляющего сигнала. Энергия диссипации, отнесенная к единице площади поверхности скольжения, пропорциональна корню из частоты колебаний и вязкости жидкости.

Новации в области расчета и проектирования гидропневмосистем мобильных и технологических машин

Сафонов А.И., Веренич И.А.

Белорусский национальный технический университет

Вопросы повышения КПД и надежности гидравлических систем становятся особенно актуальными при современных тенденциях форсирования гидромашин по давлению и по скорости. Существуют различные пути решения данного круга проблем — это и оптимизация конструкции гидравлических машин, и применение оптимальных режимов регулирования, а также материалов и покрытий с минимальным коэффициентом трения, и усовершенствование конструкции трибологических пар. При проектировании приводов, прежде всего, решают задачи, ориентированные на получение наилучшего из вариантов привода, удовлетворяющего техническим требованиям, требованиям энергосбережения, требованиям экологии. В процессе расчетов приходится определять законы движения составляющих систему тел при известных силах или вычисление сил при известных законах движения тел. Этим проблемам посвящено большое количество научных работ. Анализ известных работ и опыт применения известных методик расчета и проектирования гидропневмосистемах мобильных и технологических машин показал, что возникла необходимость более полного описания гидродинамических процессов в этих системах, в том числе дифференциальными уравнениями в частных производных, необходимость комплексного подхода к модельным исследованиям, использования имитационного моделирование виртуальных аналогов, создание и развитие информационных комплексов проектирования систем машиностроительной гидравлики, включающий расчетный модуль, проектный модуль и модуль подготовки производства. Известен целый ряд таких комплексов. В состав комплекса входят: средства разработки 3D-моделей Unigraphics NX, Pro/ENGINEER; средства технологической подготовки производства TechCard, EdgeCAM; средство анализа гидромеханических процессов Flow-3D; средство кинематического и напряженно-деформированного анализа NASTRAN 4D; программы для динамического анализа; программные средства, разработанные для решения прикладных задач. Конкретный состав расчетного комплекса определяется кругом задач, решаемых средствами этого комплекса, например, 3D-программы для анализа статики, кинематики и динамики гидравлических механизмов; энергетического анализа гидравлических машин, передач и приводов, прочностного анализа, расчета трибологических характеристик и др. Таким образом, новации в основном связаны с детальным расчетом динамики гидропневмосистем.

Горные машины

Баланс мощности проходческого комбайна с соосными роторами

Казаченко Г.В., Кислов Н.В., Басалай Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается моделирование процессов выемки породы горными машинами с исполнительными органами сложной структуры. Предложены различные варианты составления балансовых соотношений по мощности, а также их применения для анализа затрат энергии на работу механизмов разрушения и транспортирования.

В ряде горных машин исполнительные органы имеют сложную структуру и включают несколько отдельных механизмов. Их разрушающие элементы отличаются не только конструктивно, но и взаимодействуют с породами при различных режимах. Следствием этого являются разные энергоемкости разрушения одной и той же породы механизмами комбинированного исполнительного органа, а также величины нагрузок, действующих на них. К таким машинам относятся проходческие комбайны фронтального типа, многошнековые очистные комбайны, ряд машин для добычи торфа и т.д.

Использование балансовых соотношений по мощности и производительности для таких машин имеет ряд особенностей, которые рассмотрены на примерах некоторых широко распространенных горных машин.

Уравнение балансов мощности и производительности комбайнов с соосными роторами включает затраты мощности на разрушение забоя, которые разделены на мощности, потребляемые внешним и центральным бурами, бермовыми фрезами, отрезными коронками. При этом удельные затраты энергии на разрушение породы $e_{pi} = c_1 \cdot h_i^{c_2}$,

где i - индекс механизма органа разрушения; h_i - средняя толщина стружки, снимаемой этим органом; c_1 и c_2 - коэффициент и показатель степени, определяемые экспериментально.

Учитывая структуру привода механизмов комбайна с соосными роторами полученные в работе соотношения можно использовать в различных направлениях. В первую очередь, это задача выбора рациональных значений скорости подачи. Наряду с ней можно выбирать конструктивные и режимные параметры работы механизмов комбайна и определять мощности для их привода. Для того, чтобы получить замкнутую систему для определения скоростей движения всех механизмов разрушения необходимо использовать дополнительные соотношения между скоростями, такие как уравнения балансов производительности, условия уравнивания внешнего и внутреннего буров и др.

Обобщенная зависимость для суммарных характеристик измельченных пород

Кислов Н.В., Цыбуленко П.В.

Белорусский национальный технический университет

Межфракционное распределение частиц измельченной калийной руды и продуктов ее переработки определяется общетехническими и физико-механическими свойствами сырья, способами его диспергирования и технологической переработки.

Дифференциальные кривые распределения частиц по фракциям измельченных горных пород имеют один или несколько максимумов, смещенных к оси ординат. Для ряда пород характерны кривые распределения гиперболического вида. Суммарные (интегральные) характеристики более идентичны по внешнему виду и представляют собой плавно изогнутые кривые, которые спрямляются в координатах $\lg(2 - \lg P) - \lg d$, где P суммарный выход фракций, размер d которых больше заданного. Для описания функции $P = f(d)$ предлагается зависимость $P = 100 \cdot K \cdot (d/d_k)^n$, где K , d_k и n – параметры формулы. Значения параметров K и d_k вычисляются в зависимости от суммарного P_k определяющего диапазоны интервалов размеров узкой группы фракций или их всей совокупности. Например, пусть d_k представляет собой размер частиц d_m , при котором суммарный выход $P_k = P_m = 50\%$, т.е. d_m является медианным средним делящим всю совокупность фракций полидисперсной смеси на две равные части. Тогда зависимость $P = f(d)$ принимает вид $P = 100 \cdot 2^{-(d/d_m)^n}$. Действительно, если $d = d_m$, то $P = 100/2 = 50\%$.

Кривые распределения относительных массовых выходов фракций при $n > 1$ имеют максимум. В случае $n < 1$ кривая распределения приобретает гиперболический вид. Следовательно, параметр n может служить характеристикой неоднородности смеси по размерам частиц.

В результате выполненного исследования предложена обобщенная зависимость для определения суммарных выходов фракций по плюсу сыпучих материалов в широком диапазоне изменения размеров частиц, разработана методика расчета параметров этой зависимости и использования для оценки выходов различных классов крупности частиц.

Статическая устойчивость одноковшового экскаватора

Казаченко Г.В., Басалай Г.А.

Белорусский национальный технический университет

При выборе основных параметров одноковшовых экскаваторов рекомендуется пользоваться эмпирическими зависимостями, полученными на основе статической обработки технических характеристик большого количества реальных экскаваторов. Такой подход, хотя и обоснован с практической стороны, но не дает возможности учесть конкретные условия работы экскаватора и, тем более, гарантировать его устойчивость при работе в этих условиях. Для обоснования устойчивости при максимально возможных нагрузках на машину, целесообразно исследовать распределение давлений опорно-ходового устройства на несущее основание и определить условия, при которых давления становятся недопустимыми.

Предлагается и обосновывается способ выбора некоторых основных параметров одноковшового экскаватора исходя из обеспечения его статической устойчивости. Статическая устойчивость оценивается расположением центра давления относительно центра опорной поверхности движителей в виде гусеничного хода или шагающего механизма перемещения.

Рассмотрен одноковшовый экскаватор, работающий на уступе, и определены нагрузки, действующие на него со стороны массива породы. Эти нагрузки представлены равнодействующей силы сопротивления копанью и силы сопротивления подаче. Центр масс поворотной платформы и силы, действующие на ковш, меняют свое положение в пространстве. Для того, чтобы общая сила нормального давления ходового устройства на основание передавалась всей опорной поверхностью, необходимо чтобы центр давления находился в пределах ядра сечения при любых углах поворота. Поэтому ядро сечения имеет форму круга радиусом

$$r = \frac{a(b^2 + 3d^2)}{6\sqrt{a^2(d+b)^2 + (b^2 + 3d^2)^2}}$$

где b – ширина гусеницы; a – длина опорной поверхности; d – колея.

Представляет интерес обеспечение таких же условий для шагающих экскаваторов с опорной базой в виде круглой плиты. В этом случае ядро сечения – также круг радиусом $r=R/4$, где R – радиус опорной плиты.

Шагающие экскаваторы имеют преимущество не только по давлению на опорное основание и маневренности, но и по эффективности использования площади опорной поверхности для обеспечения статической устойчивости при всевозможных положениях верхней поворотной платформы.

Результаты могут быть использованы в качестве критериев для определения предельных значений основных параметров экскаватора.

**Моделирование алгоритма управления
фрикционными муфтами системы
автоматического переключения передач трактора**

Таяновский Г.А., Шарангович А.И.

Белорусский национальный технический университет

Полуавтоматические трансмиссии с переключением передач гидроуправляемыми фрикционными муфтами используют при формировании управляющих сигналов, как правило, широтно-импульсную модуляцию. Моделирование такого сигнала при интегрировании уравнений движения исследуемого трактора представляет определенные неудобства. Поэтому разработаны алгоритмы управления переключением передач, которые используют аналоговый эквивалент

В системах управления фрикционными муфтами ступенчатых трансмиссий, без разрыва потока мощности, применяются регуляторы, работающие по принципу разомкнутого управления в начальный период переключения и по принципу управления по отклонению в последующий период.

Управляющие устройства используют в качестве обратных связей ускорение относительного угла поворота ведомых и ведущих дисков фрикционных муфт переключаемых ступеней, что позволяет управлять темпом включения и выключения фрикционов. Подвод фрикционных дисков выполняется согласно предварительно установленной характеристики управляющего сигнала, определенной одним из способов по известным методикам, предложенным, например, научными школами Гришкевича А.И., Тарасика В.П. и другими.

Алгоритмы управления переключением ступеней передач включают этапы: определения загрузки двигателя по моменту и корректировки уставок регуляторов управления включаемым и выключаемыми фрикционами; реализации «табличных» законов управления подводом и отводом дисков; управления фрикционными муфтами включаемой и выключаемой ступеней с обратной связью по скорости буксования фрикциона в зависимости от типа переключения.

Алгоритм корректировки уставок регуляторов управления включаемым и выключаемым фрикционами от величины крутящего момента двигателя состоит в поддержании заданного темпа переключения передач, величины которого может изменяться в зависимости от степени загрузки силовой установки, чтобы обеспечить оптимизацию эксплуатационных характеристик машинотракторного агрегата.

**Динамические нагрузки в приводе рубильной машины
при случайном характере загрузки
измельчаемым древесным материалом***

Хамицевич М.В., Нагорский А.В.

Белорусский национальный технический университет

При исследовании влияния параметров привода рубильного барабана на формирование динамических нагрузок трансмиссии в установившемся периоде измельчения пачки древесного материала спектральная плотность динамического крутящего момента в i -ом элементе трансмиссии определяется как произведение спектральной плотности сил сопротивления на режущих органах барабана на квадрат амплитудно-частотной характеристики привода $S(\omega)_{Mi} = S(\omega)_{Mc} \cdot A(\omega)^2$, где ω – частота колебаний.

Спектральная плотность $S(\omega)_{Mc}$ рассчитывается по корреляционной функции сил сопротивления на режущих органах, последняя определяется путем обработки осциллограммы натуральных испытаний рубильной машины. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) трансмиссии определена по передаточной функции трансмиссии $W(p)$, полученной по математическому описанию движения масс расчетной динамической системы трансмиссии по известной методике. Для динамической системы привода рубильной машины определены передаточные функции системы от рубильного барабана к различным элементам привода. Так передаточная функция $W(p)$ к ведущему валу привода имеет вид:

$$W(p) = \frac{b_2 \cdot p^2 + b_0}{a_4 \cdot p^4 + a_2 \cdot p^2 + a_1 \cdot p + a_0},$$

где a_i, b_i – параметры динамической системы.

Заменой оператора дифференцирования на комплексную переменную $p \rightarrow j\omega$ из передаточной функции получили комплексную частотную характеристику данного элемента трансмиссии, по которой определили амплитудно-частотную характеристику $A(\omega)$. При расчетах на модели, настройке ее и сравнении с натурными результатами обеспечена адекватность модели реальному процессу нагружения, а также пригодность полученных выражений для проведения модельного эксперимента по исследованию влияния параметров привода рубильного барабана на его динамическую нагруженность

**Работа выполнялась под руководством канд. техн. наук Таяновского Г.А.*

Анализ экспериментальных данных по аэродинамике измельченного торфа

Петренко С.М.

Белорусский национальный технический университет

Выполнен анализ всех известных экспериментальных данных с целью получения обобщенной зависимости коэффициента ζ лобового сопротивления торфяных частиц от критерия Рейнольдса для реализуемого при пневмотранспорте измельченного торфа диапазона значений последнего. Сравнение экспериментальных данных Н.В. Кислова и данных, полученных далее С.К. Самогиным путем обобщения результатов экспериментов по скорости витания торфяных частиц, показало, что значения коэффициента лобового сопротивления торфяных частиц существенно меньше, чем для аналогичных по форме и размерам округлых, окатанных и островершинистых частиц других материалов. Показано, что имеющаяся обобщенная зависимость коэффициента лобового сопротивления торфяных частиц от значений критерия Рейнольдса, полученная Самогиным С.К., в области $Re > 1300$, дает постоянное значение $\zeta = 0,62$, что не согласуется с данными Кислова Н.В. для больших чисел Рейнольдса. По данным Кислова Н.В. в диапазоне $1300 < Re < 17500$ коэффициент лобового сопротивления переработанного верхового и низинного торфа возрастает с увеличением Re . С другой стороны, в экспериментальные данные Кислова Н.В. не распространяются на диапазон малых значений Re .

Математической обработкой экспериментальных данных получены обобщенные зависимости $\zeta = f(Re)$ для верхового и низинного фрезерного торфа (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,79$), для верхового и низинного переработанного торфа (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,22..0,57$), а также для лобового измельченного торфа (как фрезерного, так и переработанного) с $R^2 = 0,80$.

Получены также аппроксимирующие зависимости динамического коэффициента формы K_f от критерия Рейнольдса для фрезерного (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,65$) и переработанного торфа (величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,78$).

Установлены зависимости приведенной скорости витания торфяных частиц g_{sm} от среднего диаметра фракции для верхового и низинного фрезерного и переработанного торфа, что существенно упрощает процедуру определения g_{sm} по сравнению с имеющимися методиками.

Алгоритм и программа оценки действительных режимных параметров пневмотранспорта измельченного торфа по расходным

Петренко С.М.

Белорусский национальный технический университет

Движущаяся в пневмотранспортном трубопроводе торфовоздушная аэросмесь рассматривается как гетерогенная двухфазная среда с раздельным шимпроходящим движением воздушной и твердой фаз, силовое взаимодействие между которыми происходит на границе раздела.

Разработан алгоритм определения действительных режимных параметров пневмотранспорта измельченного торфа по известным перепаду давления на определенной длине трубопровода и расходным параметрам. Исходными параметрами являются легко регистрируемые в опытах приведенная (отнесенная ко всему сечению пневмотранспортного трубопровода) скорость воздуха и расходная массовая концентрация, а также геометрические характеристики трубопровода (диаметр и угол наклона к горизонту), размерно-плотностные и аэродинамические характеристики торфяных частиц (средний диаметр, плотность и приведенная скорость витания). Действительные режимные параметры определяются с учетом стеснения поперечного сечения трубопровода транспортируемым материалом (истинная объемная концентрация торфяных частиц в аэросмеси, действительные скорости витания, несущей воздушной фазы и частиц материала, сила межфазного взаимодействия). Реальная полидисперсная смесь торфяных частиц заменяется эквивалентной по количеству и массе совокупностью частиц с эквивалентным диаметром.

Алгоритм основывается на физической модели, согласно которой изменение условий силового взаимодействия в объеме движущейся аэросмеси вызывает соответствующее изменение истинной объемной концентрации частиц твердой фазы в ней.

Алгоритм учитывает возможность изменения направления действия силы межфазного аэродинамического взаимодействия при вертикальном и наклонном пневмотранспорте, если значения действительной относительной скорости воздушной и твердой фаз меньше действительной скорости витания торфяных частиц.

Плотность воздушной фазы определяется как функция среднего по длине трубопровода давления и постоянно корректируется в процессе итерационного счета.

Составлена реализующая разработанный алгоритм программа на алгоритмическом языке Turbo Pascal, обеспечивающая ввод исходных данных в диалоговом режиме и вывод результатов во внешний файл на диске.

Выбор рациональных схем использования материалов со специальными свойствами в деталях горных машин

Тарасов Ю.И.

Белорусский национальный технический университет

Исследовательскими работами и производственной практикой последних лет определено, что большинство деталей ремонтируемых горных машин выбраковываются из-за незначительного (около 1 % исходной массы детали) износа рабочих поверхностей.

Практика ремонтного производства обогатилась новыми способами восстановления деталей, дающими возможность придать им необходимую форму и размеры, изменять в широких пределах свойства наносимых композиционных материалов.

В зависимости от источника энергии для нагрева и транспортирования частиц материала покрытия различают газопламенные, плазменные, электрохимическое нанесение покрытий.

Проведенные работы с композиционными электрохимическими покрытиями (КЭП) ставили своей целью исследования возможности включения высокородных частиц оксидов вольфрама или молибдена в цинковую матрицу при использовании сернокислого цинкового электролита и сопоставление закономерностей формирования композиционных покрытий на основе никеля и цинка.

Изученные износоустойчивости КЭП «цинк-высокоуглеродистый оксид молибдена» в условиях сухого трения, показало, что улучшенными значениями износостойкости характеризуются покрытия, сформированные из электролитов суспензий при концентрации частиц ДФ 0,1 г/л (их износостойкость примерно в 1,5 раза превышала износостойкость КЭП, сформированных из электролитов с содержанием оксидных частиц 0,5 г/л и примерно в 2-3 раза превышала соответствующий показатель для пленок чистого цинка).

В связи с этим перед конструктором возникает задача создания новых, более современных узлов трения.

К основным вопросам конструктивной разработки следует отнести оценку и выбор принципиальной схемы работы узлов трения с точки зрения их влияния на износостойкость и надежность машин в целом и выбор материалов и сочетание их в парах трения.

Для выявления перечня и структурных характеристик деталей, восстановление и упрочнение которых рационально тем или иным способом, необходимо выполнить классификацию многообразия деталей горного оборудования по типу-представителям.

Влияние параметров агрегатирования на тягово-сцепные свойства трактора с навесным фрезформирующим оборудованием

Ромашко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Анализ и выбор рациональных конструктивных параметров проектируемого машинотракторного агрегата (МТА) с навесным фрезформирующим оборудованием может быть выполнен при моделировании режимов работы, определяющих показатели его эксплуатационных свойств. Среди прочих определяющих факторов, параметры агрегатирования колесного трактора с навесным фрезформирующим оборудованием оказывают существенное влияние на качество рабочего процесса. Кроме того, многообразие случайных сочетаний параметров и свойств торфяной карты приводит к существенным изменениям технико-экономических показателей рабочего процесса и качества формируемого торфяного куска.

При проведении исследований разработана математическая модель, позволяющая учитывать влияние параметров агрегатирования на тягово-сцепные свойства трактора и в зависимости от конструктивно-компоновочной схемы и режимов работы рабочих органов определять: нагрузку двигателя; буксование и тягу колес движителя; время и ускорения, а также возможность осуществления разгона; скорость движения после окончания разгона; крутящие моменты на валах трансмиссии; динамическую нагруженность фрикционных элементов, а также производить оценку взаимного влияния параметров агрегата и режимов нагружения рабочих органов на эксплуатационные показатели при различной комплектации шинами колес с фрезформовочным оборудованием различных компоновочных схем, и выбрать наилучшее по показателям качества рабочего процесса.

Для оценки перераспределения нормальных нагрузок на мосты трактора, усилий в тягах задней навески, буксований колес мостов в зависимости от конструктивно-компоновочной схемы и режимов работы рабочих органов получены выражения, позволяющие также оценивать тяговую динамику и тягово-сцепные свойства с учетом влияния непостоянства крутящего момента на дисковой фрезе. Он определяется из закономерностей работы этого рабочего органа и обусловлен затратами энергии на фрезерование торфа и пня в залежи, величина которых значительно отличается в зависимости от толщины стружки.

Сравнение полученных характеристик с результатами натурных испытаний позволит оценить адекватность картины моделируемых процессов, происходящих при работе МТА.

Лабораторно-измерительный комплекс для исследования процесса гранулирования

Ринкевич В.П.

Белорусский национальный технический университет

Торф представляет собой рыхлую неоднородную массу. В качестве одного из путей частичного решения проблемы неоднородного состава предлагается повысить технологичность торфа путём гранулирования. Гранулирование проводят с целью улучшения качества как промежуточных, так и готовых продуктов.

Для выявления закономерности процесса уплотнения торфо-минеральной смеси при гранулировании в грануляторе с плоской матрицей разработана экспериментальная установка линейного гранулятора (рис. 1).

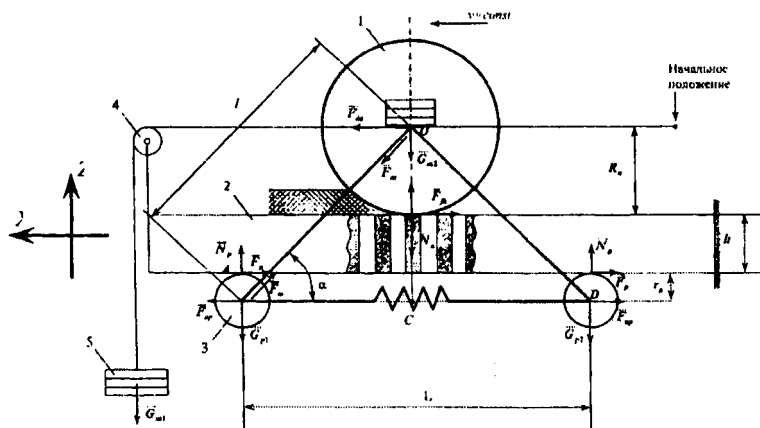


Рисунок 1 – Расчетная схема установки для получения гранул
1 – гранулирующий ролик; 2 – неподвижная матрица; 3 – направляющий ролик; 4 – блок; 5 – груз

Решена система уравнений равновесия ролика 3

$$\begin{cases} \sum X = 0: F_{np} - F_p - F_m \cdot \cos \alpha = 0 \\ \sum Z = 0: -N_p - m_{p1} \cdot g + F_m \cdot \frac{R_k + r_p + h}{l} = 0 \end{cases}$$

и система равновесий гранулирующего ролика 1.

Определены необходимые усилия, возникающие в системе, и законы движения гранулирующего ролика и материала в отверстии.

Модернизация машины для ремонта картовых канав*

Волощук С.В

Белорусский национальный технический университет

Разработка относится к машинам по ремонту осушительной сети на разрабатываемых торфяных месторождениях.

Цель работы - сокращение количества технологических машин, повышение производительности труда и снижение металлоемкости и энергозатрат при ремонте картовых канав. Для этого в самоходной машине для ремонта картовых канав, включающей уширенно-удлинённый гусеничный ход, раму, двигатель, трансмиссию и кабину управления, используется исполнительный орган в виде сдвоенной шнек-фрезы с левым и правым направлением линии витков конусных шнеков, установленной фронтально спереди гусениц, и конусной шнек-фрезы с роторным метателем, закреплённой сзади на шарнирной подвеске и расположенной в продольной плоскости машины. Сдвоенная шнек-фреза оснащена конусными фрезами.

Машина с поднятыми в транспортное положение шнек-фрезами заезжает с торца картовой канавы, располагаясь над ней симметрично продольной плоскости. Правая и левая гусеницы движителя находятся по разные стороны канавы на расстоянии, исключающем обрушение торфяной залежи по боковым стенкам. Сдвоенная шнек-фреза опускается на определённую глубину от поверхности бермовых полос, а конусная шнек-фреза с роторным метателем и напорным щитом – в канаву. После этого машина начинает рабочий проход. Сдвоенная шнек-фреза с левым и правым направлением линии витков конусных шнеков фрезерует слой залежи по бермовым полосам и сдвигает его в стороны от канавы на расстояние, больше внешнего габарита машины по гусеницам. Конусные фрезы, закреплённые на сдвоенной шнек-фрезе, фрезеруют кромки канавы по бермовым полосам и отбрасывают материал в стороны. Конусная шнек-фреза фрезерует слой залежи по боковым стенкам и по дну канавы, и вместе с гидромассой, накапливаемой напорным щитом, транспортирует вверх в юну роторного метателя. Крыльчатки роторного метателя отбрасывают массу на поверхность карты.

Таким образом, комбинированный исполнительный орган позволяет за один проход машины проводить одновременно обработку бермовых полос и кромок канавы, а также очистку с углублением картовой канавы с распределением сфрезерованного материала вместе с гидромассой по поверхности карты.

**Работа выполнена под руководством Г.А. Басалая*

Перспективные проекты ПО «Белоруснефть» в рамках сотрудничества с профильными предприятиями на Севере России

Карачун А.В., Шваякова Н.С.

Белорусский национальный технический университет

ПО «Белоруснефть» возобновило сервисные работы на территории Российской Федерации, приостановленные в 90-х годах. Деятельность в этом регионе обеспечивает Филиал РУП «ПО «Белоруснефть», который находится в г. Губкинском Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Нефтяной сервис Филиала специализируется на бурении и ремонте скважин, вышкостроении и тампонажных работах. Основными заказчиками работ выступают ООО «Роснефть-Пурнефтегаз» и Сибирское управление по строительству скважин. В Филиале работают три бригады по восстановлению скважин методом бурения бокового ствола, десять бригад капитального ремонта скважин, буровая бригада, два тампонажных звена, вышкономонтажная бригада, две каротажных партии промысловых геофизиков, транспортники. Бурение боковых стволов скважин осуществляется с мобильных установок большой грузоподъемности НР1-500, а капитальный ремонт – с установок А-60/80. Имеется собственный автотранспортный парк с более чем 120 единицами техники, а также производственно-ремонтная база. В июле 2008 г. предприятие «Белоруснефть» создало и зарегистрировало ООО «Белоруснефть-Сибирь» в качестве резидента в России. Новая структура займет место Филиала предприятия. В перспективе «Белоруснефть» готово мобилизовать для работ в России три буровых станка «Уралмаш ЗД-86» с персоналом для ведения поисково-разведочного бурения, увеличить количество бригад, выполняющих работы по бурению боковых стволов,кратно нарастить объемы вышкостроения, тампонажных и промыслово-геофизических работ, а также осуществлять внедрение новых технологий и их научное сопровождение. «Белоруснефть» будет последовательно дооснащать ООО «Белоруснефть-Сибирь» оборудованием для расширения объемов работ с широким спектром услуг нефтяного сервиса. Одним из перспективных проектов в России ПО «Белоруснефть» является поставка в ОАО «Сургутнефтегаз» агрегатов для ремонта скважин АП-80, изготовленных с использованием транспортной базы колёсных тягачей МЗКТ. Конструкторская документация разработана специалистами ОАО «Сейсмотехника» ПО «Белоруснефть» по техническому заданию российских коллег. Весомый вклад внесли и специалисты ОАО «Сургутнефтегаз», имеющие большой опыт эксплуатации подобных установок в условиях Крайнего Севера. Ежегодно в регионы России будут поставляться до десяти агрегатов АП-80.

Пути модернизации шнекового профилировщика*

Язенков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Разработка относится к машинам по ремонту технологических полей на разрабатываемых торфяных месторождениях.

Цель - повышение производительности машинно-тракторного агрегата (МТА) и снижение энергозатрат по профилированию поверхности карт.

Для этого шнековый профилировщик, имеющий переднюю колесную тележку и задние опорные катки, раму, прицепное устройство, трансмиссию, исполнительный орган в виде шнек-фрезы, установленной в кожухе фронтально относительно продольной оси машины и подвешенной на двух гидроцилиндрах на раме, а также шарнирно соединенной с передней колесной тележкой, следящее устройство поддержания заданного угла наклона исполнительного органа, снабжен скребковым конвейером, установленным фронтально по отношению к продольной оси движителя между шнек-фрезой и задними опорными катками. Нижняя рабочая ветвь конвейера со стороны задних катков и снизу закрыта кожухом, на котором закреплен наклонный нож. Передняя кромка ножа расположена на уровне нижней образующей шнек-фрезы. В кожухе со стороны шнек-фрезы по всей длине конвейера на высоту скребков выполнено загрузочное окно.

МТА с поднятым в транспортное положение исполнительным органом заезжает на карту слева от канавы. От двигателя трактора приводятся во вращение шнек-фреза и скребковый конвейер. Исполнительный орган опускается гидроцилиндрами на определенную глубину от поверхности карты. Профилирование поверхности карты в поперечном сечении производится при поступательном движении МТА. Шнек-фреза фрезерует слой залежи и сдвигает его от канавы к середине карты. Одновременно сфрезерованная масса проталкивается по наклонному ножу через загрузочное окно во внутреннее пространство нижней рабочей ветви конвейера и транспортируется скребками влево по ходу машины. Скребковый конвейера обеспечивает существенное увеличение производительности по сравнению со шнек-фрезой и снижает энергозатраты на транспортирование. Поперечный уклон карты формируется заданным углом наклона шнек-фрезы по поперечному сечению карты и автоматически поддерживается следящим устройством. Таким образом, комбинированный исполнительный орган позволяет проводить фрезерование верхнего слоя торфяной залежи с распределением ее по поверхности карты.

**Работа выполнена под руководством Г.А. Басалая*

Оптимизация работы очистного комбайна методом разгрузки пласта по забою

Володько В.Н., Глинистый С.Л.

Белорусский национальный технический университет

Обработка Старобинского месторождения калийных солей в настоящее время ведется преимущественно столбовыми системами с длинными очистными забоями по валовой и селективной технологиям.

Калийные пласты характеризуются высоким сопротивлением резанию (до 450 кН/м), повышенной вязкостью и отсутствием отжима полезного ископаемого. Это предопределяет более высокую энергоемкость разрушения соляных пород и меньшую техническую производительность очистных комбайнов, предназначенных в основном для выемки угля. Горные выработки калийных рудников, в отличие от угольных и горнорудных, как правило, обладают высокой устойчивостью. Проведенные исследования и опыт эксплуатации механизированных комплексов на рудниках ПО «Беларуськалий» показывают, что ширина незакрепленной полосы кровли в призабойной зоне может достигать 1,2–1,7 м.

В зависимости от конкретных горно-геологических и горно-технических условий применяются три столбовые системы с полным обрушением кровли и частичной закладкой выработанного пространства выемка пласта (слоя) на полную мощность; выемка пласта с разделением на слои и общей подготовкой слоевых лав; выемка пласта с разделением на слои и раздельной подготовкой слоевых лав.

В качестве основного выемочного оборудования широко применяются очистные комбайны фирмы «Айкхофф» (Германия), работающие со стани забойного конвейера, с одним или двумя исполнительными органами в виде шнек-фрезы на поворотной рукояти. Оснащение комбайнов шнек-фрезами диаметром 900–1300 мм позволяет извлекать слой на полную мощность за один проход. Однако опыт работы комбайнов нескольких поколений показывает, что наращивание энерговооруженности в приводах исполнительных органов не обеспечивает расчетного увеличения производительности, поэтому требует продолжения исследования условий резания и оптимизации схем выемки пласта.

В работе предложена и обоснована новая схема выемки пласта одношнековым комбайном, оснащенным цепным баром для нарезки по длине забоя горизонтальной щели глубиной, равной ширине захвата шнек-фрезы, обеспечивающей разгрузку пласта и, тем самым, повышение эффективности очистного комплекса.

Автотракторостроение

**Сертификация колесных транспортных средств
в Республике Беларусь**

Сидоров С.А., Сонич О.А., Лукьянчук А.Д., Кравцов Ю.В.
Белорусский национальный технический университет

С целью дебиюрократизации деятельности государственных органов и улучшения предпринимательского и инвестиционного климата, либерализации условий экономической деятельности с января 2009 года в Республике Беларусь изменен порядок сертификации продукции.

Во исполнение постановления Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь "О совершенствовании порядка сертификации продукции и услуг, подлежащих обязательному подтверждению соответствия" №61 сотрудниками Научно исследовательской и испытательной лаборатории транспортных средств БНТУ (НИИЛ ТС) разработано изменение №3 к СТБ 5.2.03-2000 "Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок проведения сертификации колесных транспортных средств, предметов их оборудования и частей".

Данное изменение расширяет права органов по сертификации по признанию иностранных сертификатов соответствия и протоколов испытаний, увеличивают сроки действия сертификатов соответствия на продукцию серийного и массового производства с трех до пяти лет, конкретизируют перечень документов, предоставляемых в орган по сертификации, упрощают процедуру инспекционных контролей ранее сертифицированных транспортных средств. Кроме того, пересмотрен и актуализирован перечень технических нормативных правовых актов, применяемых при сертификации специальных и специализированных транспортных средств, сокращены сроки рассмотрения документов органами по сертификации с четырнадцати до пяти дней, расширены права производителей по выбору испытательных лабораторий, увеличен срок действия протоколов сертификационных испытаний с одного года до двух лет, предусмотрена возможность получения временного сертификата соответствия для целей таможенного оформления.

Изменения вступают в силу с июня 2009 года и позволят сократить расходы на сертификацию и сроки ее проведения, что, в конечном итоге, позволит снизить стоимость как отечественной, так и импортируемой продукции.

Имитационная модель карьерного самосвала с гидромеханической трансмиссией

Сидоров С.А.

Белорусский национальный технический университет

На современном этапе развития техники большое значение приобретают сроки и качество выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Одним из способов сокращения сроков проведения расчетов машин и механизмов является их компьютерное моделирование.

В рамках ГНТП «Машиностроение» (подпрограмма «Карьерная техника») разработана программа имитационного моделирования движения карьерного самосвала с гидромеханической трансмиссией (ГМП) DRIVE. Программа позволяет:

- проводить согласование гидротрансформатора (ГТ) с двигателем;
- рассчитывать тягово-динамическую характеристику карьерного самосвала с гидромеханической трансмиссией;
- строить скоростную характеристику при различных условиях;
- имитировать движение самосвала по маршруту с различным сопротивлением движению, уклоном дороги и ограничениями по скорости;
- осуществлять автоматическое переключение передач как с разрывом, так и без разрыва потока мощности в любом направлении, а также автоматическую блокировку и разблокировку гидротрансформатора;

В основу моделирования самосвала положена динамическая модель, схема которой приведена на рисунке 1.

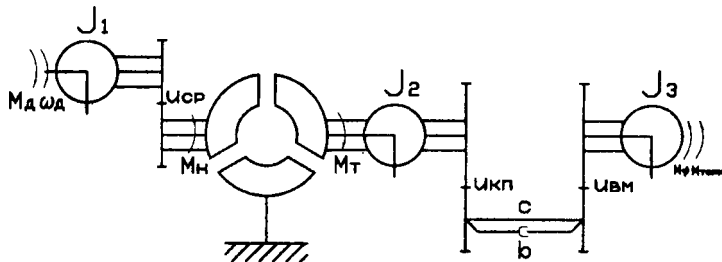


Рисунок 1 — Схема динамической модели карьерного самосвала с гидромеханической трансмиссией

Приведенная модель реализована в среде программирования DELPHI.

Программа является самостоятельным программным продуктом, не требует специального программного обеспечения для её функционирования и может быть запущена с любого носителя.

Адаптивное управление процессом трогания троллейбуса

Галямов П. М.

Белорусский национальный технический университет

Качество троллейбусов зависит от протекания процесса трогания. Закон нарастания крутящего момента тягового электродвигателя (ТЭД) в переходных процессах определяется формой переходной характеристики задачика интенсивности (ЗИ), при выборе которой следует учитывать окружной люфт трансмиссии (ОЛТ), достигающий в эксплуатации 62° в приведении к ТЭД [1].

Оптимальный характер переходного процесса трогания троллейбуса обеспечивается применением в тяговом электроприводе ЗИ с нелинейной переходной характеристикой, параметры горизонтального участка которой определяются исходя из величины максимального джержка при наибольшей величине ОЛТ, а параметры наклонного участка – из максимального коэффициента динамичности [2]. Но выбор оптимальных параметров ЗИ по наибольшему ОЛТ приводит к недоиспользованию тягово-скоростных свойств троллейбуса при малых ОЛТ, а выбор параметров ЗИ исходя из малых ОЛТ приводит к неудовлетворительной плавности разгона. Необходима разработка адаптивной системы управления ТЭД, автоматически настраивающей ЗИ на оптимальный процесс трогания в зависимости от текущей величины ОЛТ.

Предложен алгоритм функционирования и разработана структурная схема [3] адаптивной системы управления ТЭД троллейбуса, решающей поставленную задачу. В основу ее функционирования положен предложенный автором способ косвенного определения ОЛТ троллейбуса по величине максимального джержка в переходном процессе трогания. Это позволяет за счет исключения вращающихся датчиков повысить надежность по сравнению с аналогами, использующими прямое определение ОЛТ. Установлено, что использование на троллейбусе МАЗ 103Т адаптивной системы управления ТЭД позволяет увеличить ресурс зубчатых колес трансмиссии на 58%, а ресурс полуосей – на $1,9 \div 4,3$ раза при незначительном увеличении времени разгона.

1. Карманов, К.Н. Диагностирование ведущих мостов троллейбусов / К.Н.Карманов // Автомобильная пром-сть. – 1999. – №2. – С. 19–21.
2. Галямов, П.М. Система управления тяговым электродвигателем, снижающая динамическую нагруженность трансмиссии троллейбуса / П.М.Галямов, А.Г.Ярусов // Автомобильная пром-сть. – 2008. – №5. – С. 14–18.
3. Галямов, П. М. Динамика трогания троллейбуса с адаптивной системой управления тяговым электродвигателем / П.М.Галямов, В.Б.Альгин С.И.Заиченко // Механика машин, мех. и мат-лов. – 2009. – №1. – С. 34–40

Молибошко Л.А.

Белорусский национальный технический университет

При проектировании подвески автомобиля и расчете плавности хода возникает необходимость определения его частотных и динамических характеристик. Для двухосного автомобиля в качестве расчетной обычно принимают трехмассовую динамическую модель, состоящую из одной подрессоренной массы и двух непрорессоренных. Такая модель имеет четыре собственные частоты колебаний.

Для расчета собственных колебаний такой модели следует в общем случае из уравнений движения найти частотный определитель, который является исходным материалом для решения данной задачи. Хотя не существует здесь принципиальных трудностей, процесс нахождения собственных частот при таком подходе связан с громоздкими преобразованиями.

Нахождение собственных частот исходной трехмассовой модели значительно упрощается, если ее представить в виде четырехмассовой цепной неразветвленной динамической системы, показанной на рисунке 1, и воспользоваться методом последовательного расщепления [1].

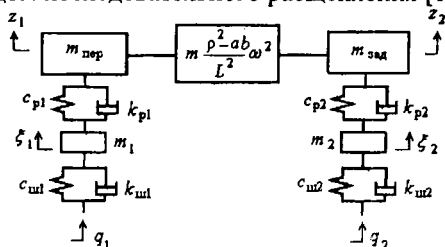


Рисунок 1 – Цепная динамическая модель подвески автомобиля

Данный метод позволяет записывать частотное уравнение модели непосредственно по ее виду без записи уравнений движения:

$$R = R_{1234} = R_{12}R_{34} - \gamma_{23}R_1R_4 = (R_1R_2 - \gamma_{12})(R_3R_4 - \gamma_{34}) - \gamma_{23}R_1R_4 = [(x - \lambda_1)(x - \lambda_2) - \gamma_{12}] [(x - \lambda_3)(x - \lambda_4) - \gamma_{34}] - \gamma_{23}(x - \lambda_1)(x - \lambda_4) = 0.$$

Буквами обозначены: R – частотные уравнения подсистем модели, γ – коэффициенты связи между подсистемами, $x = \omega^2$, λ – квадраты собственных частот парциальных систем. Коэффициент γ_{23} характеризует связанность между собой передней и задней подвески.

Литература

1. Молибошко, Л.А. Компьютерное моделирование автомобилей / Л.А. Молибошко. – Минск, ИВЦ Минфина РБ, 2007.

Имитационная модель транспортного средства для исследования законов переключения передач в режиме реального времени

Филимонов А.А., Кусяк В.А.

Белорусский национальный технический университет

При конструировании автоматизированных систем переключения передач (АСПП) возникает вопрос об их эффективности в зависимости от различных законов переключения передач (ЗПП), заложенных в алгоритм работы АСПП. ЗПП представляет собой сочетание информационных параметров (скорость, положение педали управления двигателем, ускорение и др.), при котором должно осуществляться переключение.

Создана программа имитационного моделирования движения транспортного средства с автоматизированным силовым агрегатом (дизельный двигатель, сухое фрикционное сцепление, механическая коробка передач). Модель позволяет переключать передачи как в автоматическом, так и в командном (ручном) режимах.

Особенностью разработанного программного обеспечения является возможность моделирования в режиме реального масштаба времени. Исследователь получает информацию о процессе движения посредством виртуальной панели приборов (рисунок 1). Действия водителя по управлению автомобилем имитируются с помощью клавиатуры.

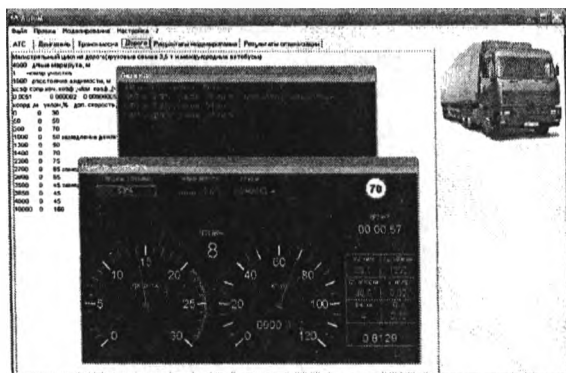


Рисунок 1 – Общий вид экрана

Программное обеспечение позволяет исследовать влияние различных ЗПП на эффективность работы транспортного средства, оборудованного АСПП. Возможна также сравнительная оценка эффективности при работе АСПП в режиме автоматического переключения передач и при командном переключении передач.

**Информационно-управляющий комплекс стенда для отладки
автоматизированной системы переключения передач**

Кусяк В.А., Филимонов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Автомобили» БНТУ совместно со специалистами ООО «Западная Инженерная компания» разработали стенд для отладки автоматизированной системы переключения передач.

Стенд инерционный, разомкнутого типа, включает силовой агрегат, маховую массу, порошковый электромагнитный тормоз, пневматическую питающую часть и информационно-управляющую систему (ИУС).

ИУС стенда представляет собой распределенную масштабируемую систему с открытой архитектурой. Для обмена информационными потоками используются две независимые помехозащищенные CAN-шины, выполненные в соответствии с международным стандартом ISO 11898.

Система поддерживает протоколы типа «мастер-подчиненный» стандарта CANopen и стандарта SAE J 1939, регламентирующего формирование локальных сетей для подвижных транспортных средств. Посредством второй шины возможно подключение к контроллеру дизельного двигателя и другим электронным системам.

Аппаратную основу ИУС составляют типовые CAN-модули. Каждый модуль имеет 12 или 16 каналов ввода/вывода аналоговой и дискретной информации. Интеллектуальные модули, построенные на высокоскоростном микропроцессоре, программируются в соответствии со стандартом IEC 61131-3 и обеспечивают реализацию функций ввода и обработки полученных данных. Их вычислительные и аппаратные ресурсы достаточны для исполнения алгоритмов управления реального времени. Модули ввода/вывода, работающие под управлением интеллектуальных модулей, осуществляют только ввод данных и вывод управляющих сигналов.

Для тестирования работоспособности составных частей, а также регистрации данных, циркулирующих в CAN-сети, для ИУС разработан специализированный комплект программно-аппаратных средств. Этот комплект состоит из интерфейсного блока и инструментальной среды (CAN-монитора).

Интерфейсный блок позволяет подключать персональный компьютер через последовательный порт к CAN-сети.

Инструментальная среда обеспечивает мониторинг сети, регистрацию и хранение данных, построение цифровых «осциллограмм» и их отображение в графическом виде на дисплее компьютера.

**Методика оценки нагруженности и расчета долговечности
элементов несущих систем автомобилей**

Шмелев А.В.¹, Бусел Б.У.²

¹ – ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,

² – Белорусский национальный технический университет

Основная причина выхода из строя несущих конструкций и систем автомобилей – накопление усталостных повреждений в результате действия переменных нагрузок. Для решения этой проблемы на стадии экспериментальной отработки новых автомобилей БелАЗ была разработана методика оценки нагруженности и расчета долговечности элементов несущих систем. Она включает следующие основные этапы:

- предварительная обработка и анализ процессов нагружения;
- выделение циклов случайного процесса нагружения;
- расчет эквивалентных по повреждению напряжений (для симметричного цикла нагружения);
- формирование нагрузочного спектра;
- расчет долговечности на основе гипотез суммирования повреждений.

На основании сформулированных требований и анализа литературных данных, для разработки методики были выбраны следующие методы:

- схематизации процессов нагружения: «потоков дождя», полных циклов и полуциклов напряжений с огибающей;
- приведения асимметричных циклов напряжений к эквивалентным по повреждению симметричным на основании диаграмм предельных амплитуд: Кинасошвили-Серенсена, Гудмана и Гербера;
- суммирования повреждений: линейная гипотеза Пальмгрена Майнера, скорректированная линейная гипотеза Когаева и кинетический метод суммирования повреждений Почтенного.

Для автоматизации обработки результатов экспериментальных данных по данной методике была разработана компьютерная программа Resurs BelAZ. Эта программа может использоваться как непосредственно для расчета усталостной долговечности конструкции (при наличии определенных исходных данных), так и для расчетов различных показателей нагруженности конструкций, сопоставления повреждающего действия различных эксплуатационных режимов, составления программ форсированных испытаний.

Исследование поперечной устойчивости карьерных самосвалов

Костюкович А.Н., Бусел Б.У.

Белорусский национальный технический университет

По причине конструктивных особенностей скорость карьерных самосвалов существенно ограничивается при движении по криволинейным траекториям малого радиуса. Одна из основных причин этого - недостаточная поперечная устойчивость.

С применением пакета ADAMS/View была разработана модель для исследования статической поперечной устойчивости карьерных самосвалов. В модели самосвал представляется системой недеформируемых тел, соединенных кинематическими и упругодемпфирующими связями. Цилиндры моделировались однокомпонентной силой, величина которой определялась уравнением гидропневматического цилиндра подвески с буферами сжатия и отбоя. Для моделирования контакта шины и дороги применена модель контакта сферы и плоскости с линейной упругой характеристикой. В модели учитывается боковая жесткость шины. Модель позволяет рассматривать два варианта: статическую имитацию криволинейного движения с большими скоростями (прикладываются поперечные силы) и косогор (наклоняется опорная поверхность). Центробежные силы моделировались внешними силами, приложенными в центрах тяжести элементов автомобиля.

За основную характеристику поперечной устойчивости была принята зависимость угла крена поддрессоренной массы самосвала от ускорения (или относительного ускорения) в поперечной плоскости. Критерием потери устойчивости при расчетах принято состояние отрыва всех колес одной стороны от дороги. Отрыв одного колеса стороны считается экстремальной предаварийной ситуацией.

С применением разработанной методики были выполнены исследования с целью обеспечения высокой поперечной устойчивости карьерного самосвала грузоподъемностью 240 тонн. Результаты исследований показали:

1. Для существенного повышения поперечной устойчивости следует стремиться к тому, чтобы передний и задний цилиндры подвески, работающие на растяжение одновременно выбирали ход отбоя;

2. Величину хода задней подвески целесообразно выбирать минимально возможной;

3. При увеличении рессорной колеи задней подвески показатели поперечной устойчивости карьерного самосвала быстро увеличиваются.

УДК 519.816

Арбитражная корректность процедур статистического контроля качества согласно принципу распределения приоритетов (ПРП)

Хаврук В. А.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Статистический контроль качества продукции, как правило, проводится производителями, но в случаях, когда он также проводится и потребителями, возникает проблема взаимоотношения между сторонами (изготовитель, потребитель). Применение принципа распределения приоритетов (ПРП) дает возможность установить права и обязанности сторон при проведении статистического контроля качества продукции.

Процедуры контроля качества со стороны производителя и потребителя согласно принципу распределения приоритетов сопровождаются принятием определенных решений сторонами, эти решения в свою очередь являются составляющими арбитражной характеристики. Арбитражные характеристики являют собой зависимости вероятности возникновения арбитражной ситуации от показателей качества, параметров планов контроля и правил принятия решений.

Рассмотрено, в каких случаях процедуры контроля у поставщика и у потребителя корректны. Показано, что единые планы контроля и правила принятия решений не гарантируют, в общем случае, корректность двояких процедур контроля. Указано, что для обеспечения корректности процедур контроля сторонами, необходимо вмешательство органов стандартизации, которое оценивается разной величиной затрат в зависимости от выбора планов и результатах контроля.

УДК 629.114.3

Исследование влияния осевой неравномерности тормозных сил на устойчивость трехзвенного автопоезда

Поляков В.М., Приходченко Д.Ю.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Распространенной причиной нарушения устойчивости автотранспортных средств (АТЗ) при торможении является разная величина тормозных моментов на колесах одной оси. Это явление создает наибольшую опасность при движении автопоезда, тем более многозвенного. Особенностью движения автопоездов является то, что на его устойчивость влияет не только характер взаимодействия колес с опорной поверхностью, но и характер взаимодействия звеньев автопоезда, изменяющийся под влиянием разных факторов, в том числе и режимов движения (разгон, торможение и т.п.)

Целью работы являются исследования влияния осевой неравномерности тормозных сил на устойчивость движения трехзвенного автопоезда, скомпонованного по схеме “автомобиль-тягач + одноосная подкатная тележка + двухосный полуприцеп”.

Созданная математическая модель трехзвенного автопоезда указанной компоновочной схемы позволяет проводить теоретические исследования влияния на характер движения автопоезда различных факторов (например, скорости движения, кривизны траектории, наличия тормозных сил и характера их распределения между осями и т.п.).

Определено влияние осевой неравномерности тормозных сил на характер траектории автопоезда в составе двухосного автомобиля-тягача КамАЗ-43253-010-15, одноосной подкатной тележки ЧМЗАП-877900-20 и одноосного полуприцепа МАЗ-93801 при прямолинейном движении и входе в поворот. При моделировании определялось время и соответствующий ему угол поворота управляемых колес, при которых наступала потеря устойчивости одним из колес автопоезда. Моменты потери устойчивости определены по графикам изменения в процессе торможения боковых сил, действующих в контакте колеса с дорогой. Эти графики позволяют наглядно определить запас устойчивости каждого колеса автопоезда.

При оценке устойчивости колеса, на которое действуют разные по величине и направлению силы, использован коэффициент запаса сцепного веса. Кроме того, благодаря коэффициенту запаса сцепного веса можно ориентировочно определить при каком значении коэффициента сцепления произойдет потеря устойчивости колеса.

УДК 629.113

Теоретические исследования сил в пятне контакта колеса с дорогой с учетом углов развала и схождения.

Грищук А.К., Щербина А.В.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Как известно, одной из задач определения кинематики подвески является определение характерных точек подвески, сил действующих в ней и в пятне контакта колеса с дорогой. Шкворни и колеса автомобиля при любой конструкции передней подвески устанавливаются с определенными углами наклона в вертикальной и горизонтальной плоскостях пространства, то есть с так называемыми углами поперечного и продольного наклона шкворня, а также с углами развала и схождения колес. Данные углы установки шкворней и колес предназначены для повышения устойчивости и управляемости автомобиля.

Часто при исследованиях кинематики подвески, как и при определении других параметров, например, таких как весовой стабилизирующий момент, момент равнодействующих боковых сил или равнодействующих продольных сил, не учитывают такой параметр как схождение колес автомобиля. Мотивируют это тем, что величина угла схождения мала и в результате этого при расчетах данной величиной можно пренебречь.

Но безусловным фактом является то, что схождение колес влияет на различные параметры подвески и факторы движения автомобиля и конечно же, в первую очередь, на силы в пятне контакта колеса с дорогой. Таким образом, как показывают проведенные нами исследования, для получения более полного представления о процессах, которые возникают во время работы подвески и качении колеса по опорной поверхности, необходимо учитывать угол схождения при различных расчетах подвески и, тем более, при нахождении сил в пятне контакта колеса с дорогой.

Можно так же отметить, что учет в расчетах кинематики подвески углов схождения еще на стадии проектирования автомобиля позволит приблизить расчетные характеристики к реальному поведению автомобиля.

УДК 629.113

К вопросу использования большегрузных автопоездов для перевозки грузов в междугородном и международном сообщении

Сахно В.П., Жаров К.С., Глинчук В.М.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

За последние 8 лет грузооборот автомобильного транспорта Украины увеличился более, чем в 4 раза – с 8,2 млрд. т-км в 2001 году до 37,4 млрд. т-км. в 2008 году. Количество первых регистраций грузовых автомобилей в первом полугодии 2008 года примерно в два раза увеличилось по сравнению с аналогичным периодом 2007 года. В первом полугодии 2008 года в Украине зарегистрировано 8333 седельных тягача (по сравнению с 4014 в первом полугодии 2007 года). Ситуация, сложившаяся в области грузовых автомобильных перевозок, характеризуется необходимостью обновления подвижного состава. Среди преимуществ использования трехзвездных автопоездов для перевозок грузов в междугородном и международном сообщении наиболее значимыми являются увеличение производительности и эффективности. Для определения такого увеличения, а также для обоснования выбора автомобиля-тягача расчетным способом на кафедре "Автомобили" Национального транспортного университета (г.Киев, Украина) разработано специальное программное обеспечение, определяющее показатели качества автопоездов, как комплексные оценочные показатели их тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. Посредством об

работки математических моделей конструктивных элементов автопоездов, влияющих на эти эксплуатационные свойства, программа определяет отдельные и комплексный оценочные показатели, имитируя движение автопоездов по эксплуатационным маршрутам и в ездовых циклах. Расчеты, произведенные при помощи данного программного обеспечения относительно двухзвенного автопоезда МАЗ 544019 + МАЗ 975800 общей массой 42400 кг и грузоподъемностью 27200 кг и трехзвенного автопоезда МАЗ 544019 + МАЗ 975800 + МАЗ 870110 общей массой 60400 кг и грузоподъемностью 40200 кг показали, что двухзвенный автопоезд характеризуется большей средней скоростью (около 15%) и меньшим расходом топлива (примерно на 20%) за счет меньшей общей массы. В то же время, за счет большей грузоподъемности, производительность на 18% больше, а удельный расход топлива (расход топлива, отнесенный к массе перевозимого груза) на 10% меньше у трехзвенного автопоезда.

УДК 629.113

Выбор параметров механизма переключения передач механической трансмиссии автомобиля

Дыко Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Управление механическими коробками передач (КП) традиционно осуществляется посредством механического привода. Сложность конструкции привода возрастает с увеличением расстояния от рабочего места водителя до КП, как, например, у автобусов с задним расположением двигателя и КП. При этом становится более вероятной возможность нечетких переключений и ухудшаются эргономические показатели управления КП. Альтернативой механическому приводу у грузовых автомобилей и автобусов может рассматриваться пневматический исполнительный механизм (ИМ) либо с командным управлением, либо с автоматизированным управлением.

Ранее проводившиеся испытания КП с таким ИМ управления показали, что может происходить преждевременный выход из строя синхронизаторов по сравнению с КП, имеющей механический привод. Для проработки конструктивных мер, устраняющих причины возможных отказов КП с пневматическим ИМ управления были проведены стендовые испытания. Установлено, что при включении передачи ударное соприкосновение конусных колец синхронизатора и зубчатого колеса можно минимизировать, уменьшив скорость перемещения каретки синхронизатора за счет замедления выхода сжатого воздуха из полости цилиндра ИМ. Уменьшение диаметра отверстия на выходе из цилиндра в 2 раза снижает скорость пере-

мещения каретки в 1,9 раза при росте времени включения передачи в 1,4 раза. Рекомендуется провести эксплуатационные испытания КП с пневматическим ИМ управления с вдвое уменьшенным диаметром отверстия для выхода сжатого воздуха при включении передачи.

УДК 629.11.019.4:4.004.18+621.762.27

Повышение экономичности рельсового транспорта

Горбунов Н.И., Кравченко Е.А., Ковтанец М.В.

Восточноевропейский национальный университет имени Владимира Даля
(г. Луганск)

Обеспечение высоких тяговых качеств подвижного состава рельсового транспортного средства требует проведения ряда мероприятий в процессе проектирования, конструирования, а также эксплуатации. На протяжении всего жизненного цикла локомотива ведется работа по оптимизации движущего транспортного средства, в том числе по снижению затрат на его эксплуатацию. В процессе эксплуатации повышение тяговых качеств достигается за счет применения догружающих устройств, позволяющих эффективно перераспределять нагрузки от колесных пар на рельсы, а также применением специальных устройств повышающих коэффициент сцепления колес с рельсами, в роли которых преимущественно выступают пескоподающие системы.

Эксплуатация локомотивов показывает значительный расход песка, с чем связаны неблагоприятные экономический и экологический факторы. Установлено, что для достижения максимального коэффициента сцепления в системе «колесо-рельс» достаточно одного слоя песка между сопрягаемыми поверхностями с некоторым расстоянием между частицами. Это достигается применением песочниц, в которых предусмотрена электризация песка. Зарядка песка возможна трибостатическим или электростатическим методами. Экспериментальными исследованиями установлено, что на электризованный песок прилипает к металлической рабочей поверхности колес, т.к. эта зона колеса является наиболее очищенной. Песок рассыпается строго по дорожке качения колеса по рельсу, что соответственно значительно снижает его затраты. Расстояние же между частицами образует из-за отталкивания одинаково заряженных частиц.

Применение предлагаемых песочниц позволит повысить тяговые качества рельсовых транспортных средств, снизить экономические затраты песка и повысить экологическую обстановку, за счет снижения массы пыли, образующейся в результате размола частичек песка, которая отрицательно влияет на окружающую среду.

Схематизация двигателя при моделировании переключения передач трактора с полуавтоматической ступенчатой трансмиссией

Атаманов Ю.Е., Гаяновский Г.А.

Белорусский национальный технический университет

При оборудовании трактора электронной системой управления переключением передач и работе дизеля с всережимным регулятором на частичных скоростных характеристиках, необходимо учитывать его действительную загрузку по крутящему моменту M_i . Однако датчиком загрузки пока не все двигатели оборудованы. Предложен прием косвенного определения загрузки двигателя по снижению измеряемой частоты вращения ω_i двигателя относительно максимальной на холостом ходу и по положению педали подачи топлива (см. рисунок 1) на реальном дизеле, а также при его моделировании в составе системы переключения передач.

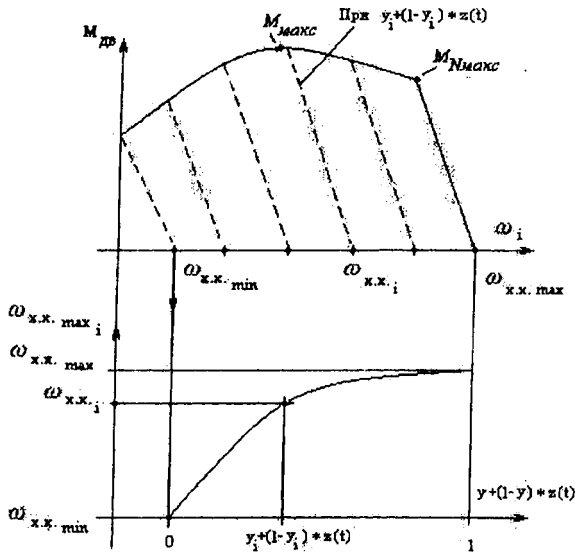


Рисунок 1 – Схема определения частичной регуляторной ветви скоростной характеристики при установках у рычага и $z(t)$ педали подачи топлива в промежуточное положение

Получены выражения для искомой зависимости загрузки двигателя по моменту, с учетом того, что на частичных режимах регуляторная ветвь параллельно смещается в сторону меньших частот вращения и становится более полой. Учет влияния переходных режимов на величину момента дизеля выполнен по известной методике.

Изложенный прием опробован при моделировании на ПЭВМ автоматического переключения передач трактора.

Схема орошения солода в процессе замачивания, проращивания и ферментации

Бойков В.П.¹, Котов М.И.², Мазур А.М.¹, Ободовский Д.В.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Машлищепрод»

Для производства солода очищенная и отсортированная рожь моется, дезинфицируется, ополаскивается и подается в солодовню. Общая длительность одного цикла мойки зерна составляет около 6...8 часов, влажность зерна при этом в зависимости от температуры может достигать 28...30%. Для замачивания рожь разравнивают ворошителем в солодорастильном ящике и поливают водным раствором янтарной кислоты концентрацией 0,2 % и температурой 22°C. При воздушно-оросительном способе замачивания зерно ворошат каждые 4...8 часов, орошая при этом водой температурой 12...16°C через форсунки, установленные на ворошителе. Степень орошения контролируется проходом воды через сито. Периодически зерно продувают воздухом температурой 10...15°C, нагнетаемым вентилятором в подситовое пространство в течение 20...25 минут. Первую продувку слоя зерна проводят через 4...5 часов после загрузки грядки, последующие через 1,5...2 часа в течение всего периода замачивания, поддерживая температуру в слое зерна 13...16°C. Для контроля температуры, влажности и подачи команд на ворошение, продув, аэрацию разработана автоматическая система контроля в виде датчиков влажности и температуры, установленных на манипуляторе.

Проращивание ведется при температуре в слое зерна 16...19°C и влажности 46...50%. Каждые 6...8 часов проводится ворошение солода с орошением. Через 1,5...2 часа производится обдув, зерна кондиционированным воздухом с температурой 11...15°C и относительной влажностью 90...96% в течение 15...20 минут. Перед очередным ворошением производится определение температуры и влажности зерна автоматически при помощи датчиков температуры и влажности установленных на манипуляторе. При влажности зерна 49...50% датчики влажности подают команду на пульт управления и орошение прекращается.

После проращивания солод подвергается ферментации. Его подогревают в течение 15 минут острым паром через подситовое пространство, затем орошают водой температурой 50...55°C, доводя влажность солода до 52...55%. При необходимости солод укрывают полиэтиленовой пленкой для лучшего сохранения тепла в слое. Для равномерной ферментации слой солода ворошат один раз в сутки. К концу томления солод достигает влажности 58...60% и температуры 68...72°C.

Анализ оборудования и технологий производства солода по патентным материалам

Бойков В.П.¹, Калинка Я.С.¹, Мазур А.М.¹, Ободовский Д.В.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «Машпищепрод»

Технология производства солода требует применения технологических приемов, обеспечивающих повышение качества солода и совершенствование технологического процесса в части его интенсификации, сокращения цикла производства, экономии материальных и энергетических ресурсов. Выработка солода, обладающего повышенной ферментативной активностью, позволит уменьшить импорт ферментных препаратов аналогичного действия. Для определения направления и уровня исследований по совершенствованию технологий и оборудования при производстве ржаного солода проведены патентные исследования. Данные, полученные из патентных и научно-технических источников, указывают на перспективность продуктов питания, производимых на основе ржаного солода. Производят ферментированный и неферментированный ржаной солод. Неферментированный ржаной солод получают путем гидратации зерна в воде, его последующего проращивания и сушки. При производстве ферментированного солода дополнительной технологической операцией является его ферментация (томление), при котором происходит углубленный гидролиз белков, сахаров до легкоусвояемых человеческим организмом аминокислот, моносахаров и других веществ. Следует отметить многочисленность современных разработок по проблеме производства солода. Анализ ведущих организаций и фирм в данном виде техники выявил значительную рассредоточенность проводимых в мире исследований по разработке, среди которых преимущественное положение занимает Россия. Основными тенденциями развития в области разработки проблем переработки зерна на солод являются вопросы производства ячменного солода. Отсутствие в Республике Беларусь и России ресурсосберегающих технологий и оборудования для производства ржаного солода требует проведения исследований в данном направлении. Вновь создаваемая технология позволит повысить эффективность производства и качество готового продукта. Новые режимы термической и влажностной обработки сырья, подготовки солода к сушке позволят интенсифицировать весь технологический процесс, повысить ферментативную активность готового продукта, снизить расход воды, пара и электроэнергии. Применение принципиально новых технологических и машинно-аппаратурных решений сократит продолжительность производственного цикла.

Напряженно-деформированное состояние несущих конструкций кресла-коляски с электроприводом

Бурносенко А.А., Жданович Ч.И., Жуковский Ю.М.
Белорусский национальный технический университет

Для конечно-элементного моделирования использовались в основном оболочечные конечные элементы. Только те детали коляски, которые невозможно промоделировать оболочечными элементами, рассчитывались, как объемные тела. Для расчета использовалась половинная конечно-элементная модель, так как конструкция коляски близка к симметричной. Конечно-элементная сетка модели включает 82664 узла и 103053 элемента, из которых 2152 – оболочечные треугольные линейные трехузловые элементы, 71991 – оболочечные четырехугольные линейные четырехузловые элементы, 28902 – объемные линейные тетраэдральные четырехузловые элементы и 8 – абсолютно жесткие балочные элементы.

Проведено два вида анализа – статический и динамический. При статическом анализе рассмотрены три случая нагружения коляски: - нагружение весом сидящего пассажира (вес пассажира 110 кг), к которому добавляется вес аккумуляторной батареи (15 кг); - нагружение весом встающего пассажира (110 кг), к которому добавляется вес аккумуляторной батареи (15 кг); - нагрузка на рукоятки коляски (110 кг), к которой добавляется вес сидящего пассажира (110 кг) и вес аккумуляторной батареи (15 кг). При динамическом анализе рассмотрен удар, вызванный падением переднего колеса коляски с пассажиром с высоты 0,18 м (ступенька или бордюр), причем удар жесткий, то есть не учитывалось амортизирующее воздействие шины колеса. Для имитации масс пассажира, аккумуляторной батареи и коляски, приходящихся на переднее колесо, в модель добавлен элемент типа «точечная масса». Этот элемент жестко присоединен к верхнему срезу рассматриваемого участка стойки.

Расчеты показали, что при всех видах статической нагрузки несущая конструкция коляски обладает избыточной прочностью – максимальные расчетные напряжения не превышают 183 МПа, в то время как безопасным является значение в 245 МПа (предел текучести для стали Ст3).

Динамический расчет показал, что напряжения, возникающие в вилке переднего колеса, превышают предел текучести материала, однако разрушения не произойдет, так как пиковые напряжения наблюдаются недолго (около 0,001-0,002 с) и будут распределены системой за счет пластического деформирования материала деталей.

По результатам расчета доработана конструкция несущих элементов кресла-коляски, что позволило уменьшить ее массу на 10%.

Методика испытаний тормозной системы в случае внезапного отказа одного контура тормозного пневматического привода

Грибко Г.П., Поварехо А.С., Рахлей А.И.

Белорусский национальный технический университет

Отказы пневматического тормозного привода колесных машин происходят, главным образом, вследствие внезапной разгерметизации его элементов при наполнении сжатым воздухом. Наиболее уязвимыми элементами пневмопривода являются диафрагмы тормозных камер и участки магистралей перед ними, расположенные в непосредственной близости от дороги.

Испытания тормозной системы по разработанной методике составляют несколько циклов торможений с имитацией единичного отказа одного из контуров пневмопривода посредством его разгерметизации в характерных зонах разрушения путем образования в указанных зонах атмосферных «окон», которые открывают в момент достижения давлением сжатого воздуха в тормозных камерах максимальной величины. Проходное сечение атмосферного «окна» устанавливают для каждого цикла торможения различной, изменяя его от максимального значения до значения, равного проходному сечению магистрали контура, в которой образовано атмосферное «окно» (А.С. № 1516402).

Для практической реализации методики испытаний в магистраль наполнения тормозной камеры одного из контуров пневмопривода устанавливают двухпозиционный электромагнитный клапан, на атмосферном выходе которого имеется регулируемый дроссель. Двухпозиционный клапан в своей первой позиции сообщает ресивер с тормозной камерой, а во второй – магистраль наполнения через регулируемый дроссель с атмосферой. Перевод клапана из первой позиции во вторую происходит по команде электронного блока, на сравнивающее устройство которого поступают сигналы от датчиков давления, установленных в тормозной камере и в ресивере. При достижении давления сжатого воздуха в тормозной камере своей максимальной величины, соответствующей величине давления в ресивере, электронный блок подает ток в обмотку электромагнитного клапана, переключая его в позицию, сообщающую магистраль наполнения через регулируемый дроссель с атмосферным «окном».

На основании сравнения полученных результатов с нормативными требованиями отказы ранжируются по степени их влияния на тормозные качества. Вероятность появления отказов каждого ранга может служить комплексной оценкой активной безопасности машины с учетом надежности тормозной системы.

Пневматический тормозной привод тракторного поезда

Грибко Г.П., Поварехо А.С., Рахлей А.И.

Белорусский национальный технический университет

Большегрузные тракторные поезда представляют собой объект повышенной опасности в транспортном потоке из-за возможного складывания при торможении. Проведенные исследования и практика эксплуатации тракторных и автомобильных поездов показали, что на дорогах с низким коэффициентом сцепления целесообразно применять частичное торможение тракторного поезда только тормозной системой прицепов. С этой целью разработан усовершенствованный пневматический тормозной привод тракторного поезда (А С №1654069), обеспечивающий выполнение функций рабочей, запасной и стояночной тормозных систем. При включении запасной или стояночной тормозных систем приводятся в действие рабочая тормозная система прицепов и пружинные энергоаккумуляторы, воздействующие на тормозные механизмы переднего моста трактора. В контуре управления пружинными энергоаккумуляторами установлен перепускной клапан, который срабатывает при определенном снижении давления в магистрали. Поэтому при повороте рукоятки крана управления до промежуточного фиксированного положения энергоаккумуляторы не срабатывают и осуществляется плавное подтормаживание тракторного поезда только тормозной системой прицепов. Для экстренного торможения запасной тормозной системой рукоятку крана следует повернуть дальше, а для включения стояночной тормозной системы установить в крайнее фиксированное положение.

Полости энергоаккумуляторов через двухпозиционный пневмоуправляемый клапан соединены с выходом секции тормозного крана, управляющей рабочей тормозной системой трактора, что исключает возможное двойное воздействие на колесные тормозные механизмы (от рабочей и стояночной систем). В случае разгерметизации контура пневмопривода передних тормозных камер трактора произойдет нарушение равновесия системы поршней клапана, и он переводится во вторую рабочую позицию. Сжатый воздух из полостей энергоаккумуляторов через двухпозиционный клапан и секцию тормозного крана, управляющую тормозной системой прицепа, выходит в атмосферу, что вызывает срабатывание последних.

Таким образом, усовершенствованная тормозная система имеет повышенную надежность за счет автоматического срабатывания пружинных энергоаккумуляторов при разгерметизации пневматического контура тормозного привода трактора и расширяет возможности применения рациональных режимов торможения тракторного поезда.

Сопrotивление движению ведомого эластичного колеса за счет мяття грунта и образования колес

Гуськов В.В.¹, Павлова В.В.¹, Писаренко А.В.¹,
 Степанович О.П.¹, Юшкевич А.А.¹, Гуськов А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет
²РУП «Минский тракторный завод»

При взаимодействии колеса с грунтом опорная поверхность шины имеет сложную конфигурацию. Многочисленные попытки описать ее математическими зависимостями часто усложняют расчеты и приводят к неадекватным по сравнению с реальным процессом результатам. Однако, в случае взаимодействия колеса с естественной поверхностью грунта опорную поверхность шины реального колеса можно заменить жестким колесом большего диаметра (рисунок 1), поскольку она близка к цилиндрической.

В соответствии с рисунком 1 $r_{np} = r_0(1 + h_0/h)$,

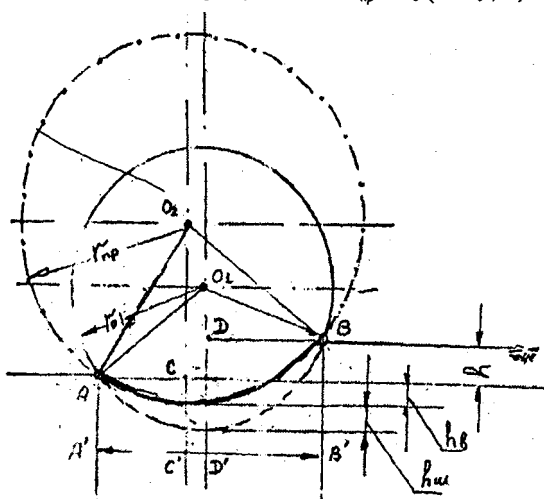


Рисунок 1— Замена радиуса эластичного колеса радиусом жесткого колеса

где r_{np} - приведенный радиус жесткого колеса; r_0 - радиус эластичного колеса; h - глубина колес; h_0 - прогиб шины.

Приняв предложенную схему, были определены сила сопротивления движению

$$F_{сnp} = G^2 / (2kbr_{np}^2)$$

и глубина колес

$$h = G^2 / (2k^2b^2r_{np}^3),$$

где G - вертикальная нагрузка; b - ширина шины; k - коэффициент объемного смятия почвы.

Проведенные расчеты по определению указанных величин дали результаты близкие к реальному процессу взаимодействия эластичного колеса с почвой.

Определение касательной силы тяги ведущего эластичного колеса

Гуськов В.В.¹, Павлова В.В.¹, Писаренко А.В.¹,
Степанович О.П.¹, Юшкевич А.А.¹, Гуськов А.В.²

¹Белорусский национальный технический университет

²РУП «Минский тракторный завод»

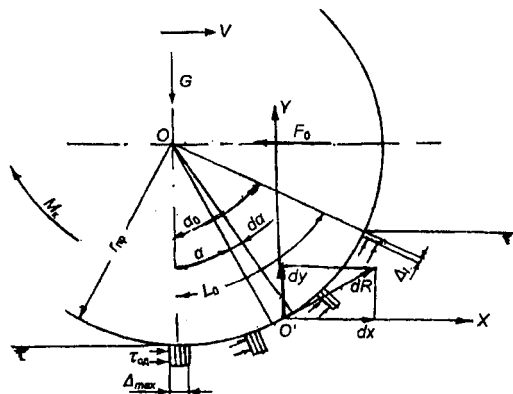


Рисунок 1 – Схема взаимодействия ведущего колеса с грунтом

В соответствии с принятой схемой (рисунок 1) и допущением, что $r_{np} = r_0 (1 + h_0 / h)$, где r_{np} - приведенный радиус ведущего колеса; r_0 - номинальный радиус эластичного колеса; h - глубина колеи; h_0 - прогиб шины, можно составить следующее уравнение: $dR = \tau_x dA$,

где $\tau_x = f_{нз} P_x [1 + f_i / \text{ch}(\Delta / k_r)] \text{th}(\Delta / k_r)$ и $dA = br_{i0} d\alpha$.

Соответственно $dF_e = br_{i0} f_{нз} P_x \cos \alpha [1 + f_i / \text{ch}(\Delta / k_r)] \text{th}(\Delta / k_r) d\alpha$. Поскольку

$$\Delta_x = br_{i0} \alpha, \text{ то } F_e = \int_0^{\alpha} br_{i0} f_{нз} \cos \alpha [1 + f_i / \text{ch}(br_{i0} \alpha / k_r)] \text{th}(br_{i0} \alpha / k_r) d\alpha.$$

При замене переменных:

$$\cos \alpha = (r_{i0} - h) / r_{i0}; \quad d\alpha = dh / (r_{i0} \sin \alpha); \quad \sin \alpha = \sqrt{2r_{i0}h - h^2} / r_{i0};$$

$$\sin \alpha = \sqrt{2r_{i0}h - h^2} / r_{i0}; \text{ получим}$$

$$F_e = \int_0^h br_{i0} f_{нз} P_x (r_{i0} - h) / \sqrt{2r_{i0}h - h^2} (1 + f_i / \text{ch}\{br_{i0} \arccos[(r_{i0} - h) / r_{i0}] / k_r\}) \times \\ \times \text{th } br_{i0} \arccos[(r_{i0} - h) / r_{i0}] / k_r dh.$$

Из полученного уравнения и зная значение входящих в формулу величин можно определить касательную силу тяги колеса.

Жуковский Ю.М., Жданович Ч.И.

Белорусский национальный технический университет

Общеизвестен ряд технических мероприятий, осуществляемых с целью улучшения экологических свойств транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания. К ним можно отнести оптимизацию процесса сгорания топлива; повышение качества топлива и введение в него различных добавок; совершенствование топливной аппаратуры двигателей; применение катализаторов в системах выпуска отработавших газов; совершенствование конструкций ДВС в целом; своевременную диагностику и качественный сервис транспортных средств.

Отрицательное воздействие на человека и другие объекты химических веществ, содержащихся в отработавших газах, определяется не только их концентрацией в атмосферном воздухе, но и направлением выпуска газов.

Предложены технические решения, позволяющие оптимизировать направление выпуска отработавших газов и снизить их концентрацию в приземных слоях атмосферного воздуха, а также уменьшить загрязнение перевозимого груза продуктами сгорания топлива. Предлагается оснащать транспортное средство, преимущественно грузовой автомобиль, двумя выхлопными трубами, причем одна из труб располагается внизу (у рамы автомобиля), а вторая – вверху (над крышей кабины). При движении автомобиля с небольшой скоростью, например со скоростью, разрешенной в населенных пунктах конкретного государства, отработавшие газы следует выбрасывать через верхнюю выхлопную трубу, а при движении с высокой скоростью (т.е. вне населенных пунктов) – через нижнюю трубу. Во втором случае снижается загрязнение перевозимого груза, а также самого транспортного средства продуктами сгорания топлива. Такое распределение потоков отработавших газов, осуществляемое автоматически и независимо от водителя, кроме того, облегчает внешний визуальный безинструментальный контроль за соблюдением скоростных режимов движения транспортного средства. Водитель, учитывая это обстоятельство, будет более ответственно относиться к выбору разрешенной скорости движения, так как облегчается и объективный инструментальный контроль.

Для улучшения экологических свойств автомобиля при правосторонней и левосторонней схемах движения можно оснастить его двумя выхлопными трубами, расположенными у рамы и направленными влево и вправо по ходу движения. Предложенные технические решения защищены авторскими свидетельствами на изобретения №№ 880797, 1047735, 1209470.

Взаимосвязь стрелы провисания и натяжения гусеницы

Плищ В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Связь между стрелой провисания упругого обвода гусеничного движителя f и натяжением T устанавливают с помощью зависимости [1, с. 12]:

$$f = \frac{ql^2}{8T} \left(1 - \frac{4}{l} \sqrt{\frac{EJ}{T}} \right), \quad (1)$$

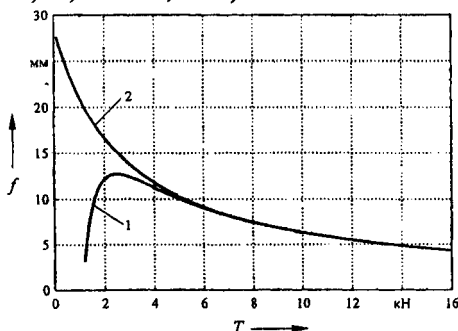
где q – удельный вес гусеницы; l – длина пролета ветви; EJ – приведенная изгибная жесткость гусеницы.

Однако зависимость (1) не позволяет с достаточной точностью установить значение f при малых значениях T . В результате математического уточнения (1) получено выражение:

$$f = \frac{ql^2}{8T} \left(1 - \frac{2}{b_f \operatorname{sh} b_f} [\operatorname{ch} b_f - 1] \right), \quad (2)$$

где b_f – коэффициент учета жесткости, $b_f = \frac{l}{2} \sqrt{\frac{T}{EJ}}$.

Результаты расчета f для трактора Беларус - 1802 приведены на рисунке 1 ($q = 626,54 \text{ Н/м}$; $l = 1,1 \text{ м}$; $EJ = 83,5 \text{ Нм}^2$).



1 - по формуле (1); 2 - по формуле (2);

Рисунок 1 - Зависимость стрелы провисания f от натяжения T .

Результаты расчета показывают (рисунок 1), что для трактора Беларус - 1802 при значениях T от 0 до 4 кН нужно использовать зависимость (2), при T свыше 4 кН – обе зависимости.

Литература: 1. Платонов, В.Ф. Динамика и надежность гусеничного движителя / В.Ф. Платонов. – М.: Машиностроение, 1973. – 232 с.

Применение метода наименьших квадратов для построения регрессионных зависимостей тяговых характеристик тракторов

Равино В.В.

Белорусский национальный технический университет

Общеизвестно, что экспериментальные зависимости коэффициента сцепления от буксования $\varphi_{кр}(\delta)$ используются для определения оптимальных конструктивных параметров тракторов и анализа их ходовых систем. Большое практическое значение имеют зависимости $\varphi_{кр}(\delta)$ для построения теоретических тяговых характеристик проектируемых тракторов. Однако при проведении эксперимента получается массив данных, а при проведении расчетов намного удобнее пользоваться аналитическими выражениями, позволяющими воспроизвести кривую $\varphi_{кр}(\delta)$ во всем диапазоне изменения буксования движителей. Целью настоящей работы является разработка универсальной методики, позволяющей определять неизвестные коэффициенты в уравнениях регрессии для зависимости $\varphi_{кр}(\delta)$ на основании таблицы экспериментальных данных по методу наименьших квадратов с использованием среды Microsoft Excel.

В качестве исходных данных могут использоваться любые результаты эксперимента, представленные в виде таблицы результатов. В случае, если экспериментальные данные приведены в виде графиков, то они оцифровываются с использованием программы GetData Graph Digitizer (getdata-graph-digitizer.com).

В результате была разработана методика для определения коэффициентов в уравнениях регрессии по результатам экспериментальных исследований методом наименьших квадратов с использованием пакета Microsoft Excel.

Отличительной особенностью данной методики является то, что от пользователя не требуется знание языков программирования или специализированных программ статистической обработки данных (например, Statistika) и при этом пользователь в состоянии самостоятельно определять коэффициенты регрессии для уравнений практически любой сложности.

Изложенный подход в использовании метода наименьших квадратов может быть легко использован для расчета коэффициентов регрессии в любой другой области научных исследований.

С использованием методики были найдены коэффициенты различных регрессионных зависимостей для разнообразных моделей тракторов и условий их движения. По результатам расчетов составлены итоговые таблицы, в которых обобщаются результаты проведенных расчетов.

Двигателестроение

УДК629.113.012.5

Исследование изменения энергетических характеристик радиаторов системы охлаждения автомобиля в процессе их производства и эксплуатации

Куликов Ю.А., Верховодов А.А.
Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля (г. Луганск)

В процессе эксплуатации автомобиля техническое состояние радиаторов системы охлаждения ухудшается, что приводит к перегреву двигателя, потере мощности, повышению расхода топлива.

В связи с этим исследованы основные причины изменения энергетических характеристик радиаторов, а именно технологических и эксплуатационных факторов.

Проводятся теоретические исследования с целью уточнения математической модели расчета радиатора и системы охлаждения в целом с учетом технологических и эксплуатационных факторов влияющих на процесс теплопередачи.

Разрабатываются рекомендации по допустимому сроку эксплуатации оборудования, обеспечивающего контакт ребер с трубками в радиаторе, и радиаторов до обслуживания и ремонта.

УДК 621.436

Теплопередача в деталях цилиндропоршневой группы дизеля

Романенко М.В., Бармин В.А., Лепешко И.И.
Белорусский национальный технический университет

Процесс теплопередачи в деталях цилиндропоршневой группы очень сложен. Основные трудности возникают при расчетах теплового потока от рабочего тела к тепловоспринимающим поверхностям – в идеальном случае необходимо определить мгновенные локальные параметры теплообмена. Определение локальных температур и температурных полей экспериментальным путем затруднительно, а в ряде случаев невозможно.

Основными расчетными методами определения температурных полей таких сложных деталей, как поршень, являются численные методы на базе метода конечных элементов. В численных методах тепловой баланс в условиях стационарного теплообмена (квазистационарный процесс) для каждого элемента должен быть равен нулю, так как внутренних источников теплоты нет. Из этого баланса выражается температура в точке рассматриваемого элемента через температуры окружающих элементов. Основными

уравнениями численных методов расчета являются: уравнение Фурье, уравнение Ньютона-Римана. При расчете температуры твердого тела единственность решения предполагает наличие исходных данных по краевой задаче и из-за сложности процесса теплообмена для его описания, даже приближенного, используются практически все виды граничных условий.

Колебания температуры на поверхности деталей в камере сгорания многооборотных двигателей малы по сравнению с температурным перепадом, определяющим теплоотдачу от газов к стенкам, и в большинстве случаев, внутрицилиндровыми колебаниями температуры пренебрегают. В ряде случаев такое допущение может привести к ошибочным заключениям, к примеру, при решении вопросов прочности деталей в поверхностном слое. Теплота трения деталей поршневой группы о зеркало цилиндра очень велика, особенно у многооборотных форсированных двигателей, и это нужно учитывать в расчетах. Изменение коэффициента теплопроводности за цикл для сталей составляет 5-13%, для легких сплавов с высокой теплопроводностью – 10-15%.

Для определения температурных полей деталей цилиндропоршневой группы в процессе работы двигателя необходимо использовать численные методы расчетов – моделирование процессов теплопередачи в программных комплексах. Достоверность полученных результатов определяется глубиной моделирования и заданием граничных условий.

УДК 621.833.1

Повышение противорезонансной устойчивости зубчатых передач для поршневых ДВС синтезом рациональных параметров переменной передаточной функции

Косоногова Л.Г., Карпов А.П.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Зубчатые передачи представляют собой неотъемлемую часть большинства машин и механизмов и зачастую определяют их качество и надежность. Одним из решений задачи повышения КПД поршневых ДВС является применение зубчатой передачи с переменным передаточным отношением. В свою очередь, зубчатые передачи являются главными источниками вибраций и шума большинства механизмов. Особую опасность представляет резонанс колебаний. Поэтому создание конструкций механизмов с пониженной виброактивностью является важной задачей современной машиностроения. Резонанс колебаний происходит тогда, когда частоты собственных и вынужденных колебаний вращающихся деталей привода (узлов) совпадают или кратны.

Решение задачи совершенствования зубчатых передач возможно путем повышения их противорезонансной устойчивости на основе синтеза рациональных геометро-кинематических параметров зацепления, что также расширяет функциональные возможности применения передач некруглыми зубчатыми колесами.

Построена математическая модель синтеза зубчатой передачи с асимметричной функцией передаточного отношения. Определены показатели ее работоспособности. По геометро-кинематическим критериям проведен теоретический анализ работоспособности синтезированных передач путем сравнения с передачами, имеющими постоянное передаточное отношение.

Для зубчатых передач с асимметричной функцией передаточного отношения показано, что зубцовая частота вынужденных колебаний является переменной величиной, не совпадает и не кратна собственной постоянной частоте колебаний за один оборот ведущего колеса, что позволяет избежать резонансных режимов работы зубчатых зацеплений.

УДК 540.61: 621.43

Пути снижения эмиссии оксидов азота

Альферович В.В.

Белорусский национальный технический университет

Снижение эмиссии оксидов азота (NO_x) и сажи с отработавшими газами (ОГ) автомобилей достигается за счет рециркуляции ОГ (EGR – Exhaust gas recirculation) и системы SCR (Selective Catalytic Reduction) в сочетании с установкой сажевых фильтров.

Система EGR уже несколько лет успешно применяется на грузовиках MAN и Scania. EGR – это процесс перепуска части ОГ во впускную систему, что приводит к уменьшению содержания в цилиндрах кислорода. Вследствие этого снижается температура продуктов сгорания за фронтом пламени и, соответственно, уменьшается интенсивность образования NO_x . Кроме того, входящие в состав ОГ диоксид углерода и пары воды имеют большую по сравнению с воздухом теплоемкость, что способствует снижению локальных и средних температур рабочего цикла, что в свою очередь приводит к снижению количества образующихся NO_x .

Большая часть европейских автопроизводителей (Mercedes-Benz, DAF, Iveco, Renault Trucks, Volvo Trucks и др.) для обеспечения современных требований «Евро-5» ориентируются на систему SCR (Selective Catalytic Reduction). Последняя представляет собой каталитический нейтрализатор, в котором оксиды азота восстанавливаются до чистого азота. Для осуществления реакции в нейтрализатор непрерывно подается жидкий реагент,

известный под названием AdBlue и представляющий собой 32,5%-водный раствор мочевины. SCR обеспечивает высокую степень нейтрализации оксидов азота, на уровне 80-90%.

Двигатели с EGR получились более теплонапряженными, что повысило требования к системе охлаждения. Особенно велико тепловое воздействие при больших нагрузках, так как при разных режимах работы автомобиля в цилиндры возвращается и разное количество ОГ. Поэтому система EGR не применяется на V-образных мощных дизелях Scania. Применение SCR не ухудшает, по сравнению с методом рециркуляции ОГ, рабочий процесс двигателя. Напротив, применение SCR, по имеющимся данным, позволяет улучшить топливную экономичность дизелей на 5–7%, по сравнению с двигателями уровня «Евро-3». Связано это с тем, что для достижения требований «Евро-3» производители двигателей, наряду с системой рециркуляции, были вынуждены нарушать оптимальные регулировки двигателя, уменьшая угол опережения впрыска топлива.

УДК 621.43.004.58

Анализ современных систем диагностирования двигателей

Бармин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Двигатели современных автомобилей управляются электронными системами, которые включают в себя комплект датчиков, устройств сопряжения и бортовой компьютер. Назначение этих систем состоит в управлении двигателем, для обеспечения его оптимальных режимов работы с точки зрения мощностных, экономических и экологических показателей. В то же время, наличие большого количества установленных датчиков даёт возможность использовать их для целей диагностирования двигателя.

Существующие системы диагностирования связаны, главным образом, с электронными системами управления двигателем и задача их состоит в том, чтобы обеспечить в первую очередь надёжность и работоспособность систем управления. Однако сигналы некоторых датчиков используются и для диагностирования механизмов и функциональных систем двигателя.

Диагностическая информация от установленных на двигателе датчиков о появлении неисправностей и необходимости их устранения немедленно или в течение некоторого времени оповещает водителя в форме звуковых сигналов или световых табло. В некоторых системах бортового компьютера может выдавать управляющие сигналы на снижение мощности двигателя и его частоты вращения. Если меры не принимаются, то на полное отключение двигателя.

Есть диагностические системы, в которых информация о неисправностях в двигателе сохраняется в памяти бортового компьютера и может быть считана с помощью специальных сканеров с последующим определением причин неисправности по соответствующему коду. При наличии нескольких причин появления одной неисправности, трудно определить истинную причину и требуется проведение дополнительных исследований. Это может проводиться с использованием мотор-тестеров и других приборов, сокращающих время поиска истинной причины неисправности.

УДК 621.436

Перспективы применения бутилового спирта в двигателях

Гершань Д.Г.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в большинстве двигателей внутреннего сгорания применяется топливо, получаемое из нефти. Использование топлива нефтяного происхождения вызывает две глобальные проблемы: экономическую и экологическую. Эти проблемы определяют актуальность исследований и разработок, направленных на диверсификацию сырьевой базы, поиск эффективных и экологически чистых топлив, так называемых альтернативных моторных топлив.

Одним из направлений, позволяющих, с одной стороны, существенно сократить количество вредных веществ в отработавших газах двигателей, а с другой – снизить потребление нефтепродуктов, является разработка смешанных бензинов и дизельных топлив, которая предполагает введение в топливо оксигенатов – кислородсодержащих соединений, а также адаптация двигателей для работы на этих топливах. В настоящее время к наиболее прогрессивным видам альтернативного моторного топлива относится бутиловый спирт (бутанол). Физико-химические и моторные свойства обеспечивают ему существенные преимущества над уже используемыми в двигателях метанолом и этанолом. Кроме того, по своим свойствам бутанол сравним, а по некоторым и превосходит бензин.

Проведен обзор литературных источников по применению бутанола в двигателях внутреннего сгорания. Проанализировано влияние физико-химических свойств бутанола на протекание рабочего процесса, мощностные, экономические и экологические показатели работы двигателей.

Анализ литературных данных показывает, что применение бутанола в бензиновых двигателях имеет следующие преимущества: 1. Количество бутанола в смеси с бензином по сравнению с метанолом или этанолом мо-

жет быть выше для применения в существующих двигателях без конструктивных изменений. В настоящее время бутанол может добавляться в бензин в концентрации до 10% по объему в Европе и до 11,5% в США без переделки двигателя. В будущем имеется потенциал для увеличения максимально допустимого использования бутанола в бензине до 16% по объему; 2. Бутанол выделяет чистой энергии на рабочий цикл больше, чем этанол или метанол, и примерно на 10% больше, чем бензин; 3. Бутанол безопаснее в использовании, поскольку в 6 раз меньше испаряется, чем этанол и 13,5 раз менее летуч, чем бензин; 4. В смесях с бензином, бутанол с меньшей вероятностью выделяется из этого топлива, чем этанол, если в топливо попала вода.

УДК 621.436

Применение однорежимного регулирования на тракторном дизеле, установленном на автомобиль

Гутаревич Ю.Ф., Добровольский О.С.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

В настоящее время в Украине в эксплуатации находится много грузовых автомобилей, на которых установлены бензиновые двигатели. Известно, что одним из недостатков бензиновых двигателей есть их неудовлетворительная топливная экономичность. Потому имеет место широкая замена бензиновых двигателей на дизеле, которые в условиях эксплуатации обеспечивают значительное снижение расхода топлива. Наиболее подходящими двигателями для переоборудования грузовых автомобилей типа ГАЗ-53-12 являются тракторные дизели Д-240.

На тракторных дизелях применяются всережимные системы регулирования, которые необходимы для обеспечения постоянной скорости движения сельскохозяйственных тракторов и сельскохозяйственных машин.

Улучшить топливную экономичность переоборудуемого автомобиля можно путем применения на тракторном дизеле измененной системы регулирования частоты, в частности, однорежимной системы регулирования.

При однорежимном регулировании скорости дизеля регулятор ограничивает только максимальную частоту дизеля. На всех других режимах обеспечивается работа дизеля при непосредственном управлении со стороны оператора.

В Национальном транспортном университете на кафедре “Двигатели и теплотехника” разработан и запатентован образец однорежимного регулятора частоты вращения на базе штатного всережимного регулятора топливного насоса 4УТНМ.

Для проверки работоспособности однорежимной системы регулирования проведены стендовые безмоторные и моторные исследования, а также дорожные испытания грузового автомобиля ГАЗ-53-12 за режимами городского ездового цикла согласно ГОСТ 20306-90. В целом проведенные исследования показали работоспособность и возможность применения данной системы на тракторном дизеле, при установлении на автомобиль.

Переход к однорежимному регулированию позволяет управлять интенсивностью разгона автомобиля в зависимости от условий движения в более широком диапазоне, в результате чего улучшается топливная экономичность и, как результат, можно ожидать снижения вредных выбросов с отработанными газами.

УДК 532.542.4.013.12:004

Алгоритмы автоматизации расчетов местных гидравлических сопротивлений

Ивандиков М.П.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследований являлась информация, необходимая для инженерно-технических работников, занимающихся гидро- и аэродинамическими расчетами и проектированием во всех отраслях техники. Основным литературным источником информации является "Справочник по гидравлическим сопротивлениям" И.Е. Идельчика 1992 г. издания. Он включает в себя 12 разделов и содержит более 300 диаграмм, сопровождаемых расчетными формулами, рисунками, поясняющими конструктивные элементы, графиками и таблицами параметрических зависимостей.

Так как поиск нужной информации, выбора варианта параметров, расчетных формул и таблиц требует много времени, то возникла необходимость разработки алгоритма и написания программы для автоматизации этих процессов на ЭВМ. Основными требованиями являются быстрота поиска информации, наглядность и открытость представления информации, возможность активизации программы в текущих расчетах.

Алгоритм программы состоит из трех блоков. Первый организует интерактивный диалог пользователя, позволяющий вести общие расчеты изделия и при необходимости вызывать расчет по выбранным зависимостям из справочника. Для иллюстрации конкретных диаграмм можно выводить файлы с рисунками.

Второй блок преобразует табличные данные из справочника для применения в расчетах. Для каждой диаграммы формируется шаблон, заполненный информацией о назначении данной диаграммы, о входных данных

и результатах расчетов с пояснениями (символьное обозначение, название параметра, единицы измерения и диапазон изменения параметров в таблице).

Третий блок – организует вычисление результата по конкретным значениям входных параметров с контролем типа данных и диапазона значений. Все таблицы из оригинального вида приведены к нормальному виду и соответствии с выбранным методом расчета.

Созданный алгоритм помогает пользователю по ключевым словам и названиях быстро найти нужные разделы и диаграммы. Указав значения требуемых параметров, получить шаблон для заполнения исходными данными и получить точный результат. Алгоритм реализован на офисном пакете Excel VBA. Он позволяет быстро рассчитывать типовые варианты гидравлических цепей и вносить новые табличные зависимости.

УДК 621.43

Моделирование теплонапряженного состояния поршня высокофорсированного дизеля

Изобелло А.Ю.* Пилатов А.Ю.,

Физико-технический институт НАН Беларуси*

Белорусский национальный технический университет

Анализ последних направлений развития рынка автопроизводителей показывает наличие устойчивого спроса на высокофорсированные дизели большой удельной мощности.

При повышении литровой мощности свыше 40кВт/л ресурс дизельного двигателя определяется долговечностью цилиндропоршневой группы, а именно ресурсом поршня, работа которого осуществляется в особо тяжелых условиях. На напряженно-деформированное состояние поршня в условиях его эксплуатации существенное влияние оказывают параметры рабочего процесса дизеля, пренебрежение которыми, как показывает конструкторская практика, зачастую приводит к заклиниванию, либо к прогнанию поршня и выходу из строя всего дизеля. Кроме этого, температурный режим днища поршня оказывает существенное влияние на экологические показатели высокофорсированного дизеля.

Как показывают современные исследования в области моделирования температурных полей газов внутрицилиндрового пространства, на формирование температурного поля газов над поршнем оказывает существенное влияние расположение факелов в пространстве при истечении топлива из сопел форсунки.

В настоящее время на высокофорсированных дизелях получили распространение смещенные схемы расположения факелов разной длины и положения соответствующих сопловых отверстий, количество которых в форсунках колеблется от 5 до 9. Скорость сгорания топлива, как было отмечено ранее, определяет косвенно температурный режим горения топлива. Поэтому определение длины части факела с объемным смесеобразованием, непосредственно определяемой через координаты фронта факела, является актуальной задачей при последующем моделировании распределения температурных полей в поршне с циркуляционным охлаждением.

Представленная методика оптимизации пространственного расположения сопел распылителя форсунки высокофорсированного дизельного ДВС, позволяет определить граничные условия на днище поршня, что дает возможность моделировать температурные поля в поршне.

УДК 621.431

Повышение эффективности работы автомобиля путем применения охлаждающего устройства нагнетательного типа

Куликов Ю.А., Томачинский Ю.Н.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

В области автомобилестроения большой комплекс теоретических и экспериментальных исследований направлен на развитие силовых установок и их систем, которые должны способствовать повышению эффективности автомобиля путем снижения затрат мощности на привод вспомогательного оборудования. В частности, охлаждающее устройство (ОУ) должно обеспечивать экономичную и надежную работу двигателя внутреннего сгорания автомобиля за счет уменьшения затрат мощности на привод вентилятора.

Проведенные сравнительные исследования ОУ всасывающего и нагнетательного типа показали, что ОУ нагнетательного типа позволяют повысить эффективность работы автомобиля за счет работы вентилятора на холодном воздухе, что повышает его экономичность, уменьшить динамические потери с выходной скоростью и уменьшить неравномерность поля скоростей перед радиатором.

Разработана математическая модель работы охлаждающего устройства нагнетательного типа. Теоретическим путем невозможно с требуемой точностью оценить неравномерность поля скоростей воздушного потока в аэродинамическом тракте, в т.ч. перед радиатором. Поэтому были проведены специальные экспериментальные исследования блока «вентилятор-радиатор» ОУ нагнетательного типа, которые показали, что целесообразно

применение ОУ нагнетательного типа, при которых повышаются напор и КПД вентиляторной установки; более равномерно происходит распределение поля скоростей воздуха перед радиатором в кожухе, полностью охватывающем радиатор; уменьшаются динамические потери на выходе из охлаждающего устройства.

Разработаны методика расчета и рекомендации по совершенствованию ОУ нагнетательного типа ДВС автомобилей.

УДК 621.436

Особенности определения составляющих механических потерь ДВС

Матейчик В.П., Цюман Н.П., Синкевич А.Б.
Национальный транспортный университет (г. Киев)

Одним из направлений улучшения эффективных показателей ДВС является уменьшение механических потерь, которые включают потери на трение (65...80%), газообмен (14...20%) и привод вспомогательных механизмов (7...14%).

Для исследования влияния конструктивных и эксплуатационных параметров на величину механических потерь и в целом на эффективные показатели ДВС разработана математическая модель, в которой параметры состояния рабочего тела в цилиндре рассчитываются на основе метода объемного баланса, значения кинематических и силовых параметров, необходимых для определения работ сил трения - методом координат плунжера. Входными параметрами модели являются геометрические параметры и массы звеньев кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, параметры впускных и выпускных систем, режим работы двигателя. Значения коэффициентов трения в кинематических парах определяются с учетом скорости элементов кинематических пар, вязкости масла, толщины масляной пленки между поверхностями трения, суммарного давления трущихся поверхностей на масляный слой, формы профиля поверхностей трения.

Разработанная модель позволяет определить основные составляющие механических потерь, распределение потерь на трение по кинематическим парам кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, и также исследовать влияние конструктивных и эксплуатационных параметров двигателя на величину механических потерь и прогнозировать изнашивание элементов кинематических пар в процессе эксплуатации.

Программа расчета гидравлических сопротивлений

Ивандиков М.П.

Белорусский национальный технический университет

Основной информацией для вычислений является “Справочник по гидравлическим сопротивлениям” И.Е. Идельчика 1992 г. издания. Справочник содержит 12 разделов и более 300 диаграмм.

В качестве программной среды выбран офисный пакет VBA Excel. Информация для вычислений распределена по листам. На листе “Расчеты” реализуется интерактивный режим. Лист по вертикали разделен на 2 части (столбец имеет ключевое слово “Граница”). Слева располагаются общие вычисления с программированием оператором формул, а справа - указывается информация (номера: сечения изделия, раздела, варианта) для обращения к диаграммам. Все таблицы диаграмм переведены в цифровой вид в Excel, а рисунки – хранятся в виде файлов.

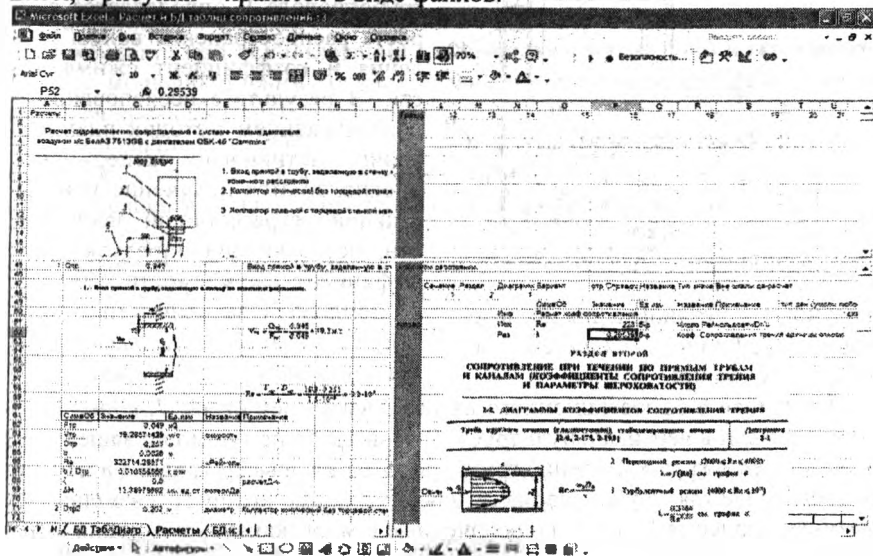


Рисунок – Фрагмент программы расчета гидравлических сопротивлений в системе питания двигателя воздухом

Вызов для обработки заданной информации осуществляется сочетанием клавиш Ctrl+d. Программа контролирует ситуации и выдает сообщения. Вначале печатается шаблон для диалога, затем, проверяется наличие исходных данных и выдается результат.

Определение сжимаемости моторных топлив на основе рапсового масла

Зеленков А. А.

Белорусский национальный технический университет

Отмечающийся в последнее время интерес к альтернативным источникам энергии на транспорте расширил применение моторных топлив из рапсового масла и продуктов его химической переработки.

Однако по некоторым физико-химическим свойствам рапсовое масло значительно отличается от стандартного дизельного топлива. Представляет интерес исследование сжимаемости смесевых топлив при различных температурах. На рисунке 1 представлена схема установки для исследования коэффициента сжимаемости моторных топлив.

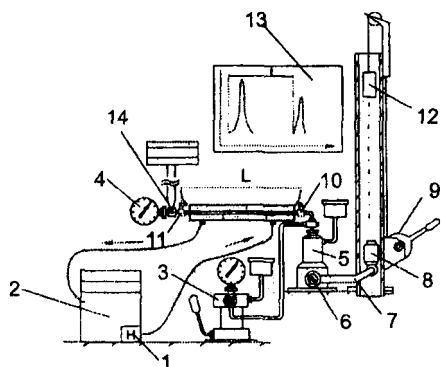


Рисунок 1 – Установка для исследования коэффициента сжимаемости моторных топлив

На валике 6 односекционного насоса 5 закреплен рычаг 7, конец которого выведен в вертикальную трубу. В этой трубе при помощи защелки 12 удерживается груз 8. Падение груза приводит к впрыску топлива в измерительный участок трубопровода, в начале и конце которого размещаются датчики давления 10 и 11, подключенные к многоканальному осциллографу 13. Подъемник 9 позволяет возвращать груз 8 в верхнее положение. Ручной насос 3 служит для создания в измерительном трубопроводе начального давления. Манометр 4 позволяет контролировать давление в измерительном трубопроводе. Измерительный участок трубопровода заключен в трубу, внутри которой циркулирует теплоноситель из термостата 2, подаваемый насосом 1, что позволяет поддерживать исследуемое топливо в заданном тепловом состоянии, которое контролируется датчиком 14.

Используя значения времени между пиками давления t и длину трубопровода L определяется скорость распространения волны давления и коэффициент сжимаемости. В результате исследований с использованием методик планирования активного эксперимента предполагается получение универсальной регрессионной зависимости, позволяющей определять коэффициент сжимаемости смесевых топлив в зависимости от его текущей температуры, давления и концентрации рапсового масла.

УДК 621.891

Математическая модель оценки эффективности смазки механизмов с локальной формой контакта

Дмитриченко Н.Ф., Мнацаканов Р.Г.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Механизм взаимодействия металлических поверхностей в смазочной среде при граничном трении, преобладающим в неустановившихся режимах работы, определяется комплексом механо-физико-химических процессов, которые протекают на контактирующих поверхностях и зависят от состава и свойств смазочной среды.

В работе представлены результаты исследований смазочной способности модификаторов трения в качестве добавок к минеральному маслу И-40, установлен механизм образования и адаптации граничных слоев на контактирующих поверхностях и влияние их активных компонентов на механические свойства поверхности металлов.

На основании эмпирических данных относительно смазочного действия в контакте при использовании минерального масла И-40 и его композиций с модификаторами трения создана математическая модель оценки эффективности смазочного процесса.

При изнашивании поверхностей трения главными факторами, которые влияют на кинетику износа, являются наработка, микротвердость поверхностных слоев металла, напряжение сдвига масляного слоя и температура. Следует отметить, что температурный фактор, согласно коэффициенту корреляции, более значимым является для отстающей поверхности, что свидетельствует об интенсификации его влияния на полимеризационные процессы, которые приводят к упрочнению поверхностных слоев и повышают ее износостойкость

УДК 629.714

Разработка и исследование охлаждающего устройства регенеративного типа

Котнов А.С., Быкадоров В.В.

Восточнoукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Традиционными охлаждающими устройствами (ОУ) транспортных средств являются рекуперативные теплообменные аппараты (радиаторы). Для обеспечения в радиаторах значительного температурного напора по всей поверхности теплообмена необходимо применять дорогие материалы

с повышенной теплопроводностью (медь, латунь, алюминий и т.д.). Радиаторы трудоемки в изготовлении и ремонте.

Одним из путей повышения технико-экономических показателей радиаторов является использование в 'ОУ транспортных средств теплообменных аппаратов регенеративного типа (РГТ) с подвижной насадкой из тонколистовых дисков. Важным достоинством (РГТ) является обеспечение непосредственного контактирования охлаждаемого и охлаждающего теплоносителей с теплообменными поверхностями насадки, что способствует более полной реализации имеющегося температурного напора между теплоносителями. Указанные преимущества РГТ, в сравнении с радиаторами, реализуются при одинаковой рассеиваемой тепловой мощности, путем сокращения габаритов, массы, мощности силовых установок для перемещения теплоносителей, в замене остродефицитных, дорогих цветных металлов материалами с меньшей теплопроводностью.

В результате испытаний макетных РГТ определены рациональные режимные параметры рабочего процесса теплообменных аппаратов: массовая скорость охлаждающего воздуха в каналах насадки - $5...20 \text{ кг/м}^2\text{с}$; линейная скорость жидкого теплоносителя - $0,08...0,3 \text{ м/с}$; частота вращения насадки - $0,03...0,3 \text{ 1/с}$. При этих режимных параметрах РГТ обеспечивает следующие номинальные технические характеристики: коэффициент теплоотдачи от насадки в воздух - $209 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, коэффициент теплопередачи при наличии уноса жидкого теплоносителя (экономически допустимого $0,0185\%$ от величины циркуляционного расхода) - $193...285 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Расчетный (конвективный) коэффициент теплопередачи при этом составляет $175 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, при аэродинамическом сопротивлении насадки - 827 Па .

УДК 629.113.012.5

Повышение эффективности системы охлаждения двигателя автомобиля совершенствованием блока «радиатор-вентилятор»

Куликов Ю.А., Гончаров А.В.

Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля

Требуемые технико-эксплуатационные показатели автомобилей, соответствующие техническим условиям на их создание, обеспечиваются конструкцией узлов, систем и агрегатов автомобиля, в том числе двигателем внутреннего сгорания, тепловой режим которого, а значит его надежности и экономичность, определяет охлаждающее устройство. Именно оно должно обеспечивать экономичный тепловой режим ДВС и не допускать его перегрева, и в то же время охлаждающее устройство должно быть ма-

логобаритным, иметь минимальные затраты дорогостоящих цветных металлов на изготовление радиаторов и мощности на привод вентиляторов.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили уточнить математическую модель и алгоритм расчета охлаждающего устройства двигателя автомобиля, а также рекомендовать рациональные параметры конструкции и режимы работы блока «радиатор-вентилятор» с применением более производительного и экономичного вентилятора и использованием полезных аэродинамических эффектов от элементов конструкции на выходе из вентиляторной установки, что уменьшит затраты мощности на привод вентилятора на 15...30 %, увеличит шаг расположения ребер в радиаторе с 1,5 мм до 1,6...2 мм, а массу радиатора уменьшит на 5...16 %.

Уточнена методика и программа расчета охлаждающего устройства двигателя автомобиля в целом и разработаны практические рекомендации по совершенствованию системы охлаждения двигателей автомобилей.

УДК 621.436

Согласование параметров топливных струй с формой и размерами камеры сгорания

Кухаренок Г.М., Гершань Д.Г.

Белорусский национальный технический университет

Дальнейшее совершенствование процессов смесеобразования и сгорания является одним из основных источников повышения экономических и экологических показателей работы дизельных двигателей. Основное направление совершенствования процессов смесеобразования и сгорания дизельных двигателей - согласование характеристик топливных струй с формой и размерами камеры сгорания.

Для согласования характеристик топливных струй с формой и размерами камеры сгорания необходимо обеспечить: полноту использования воздуха в цилиндре; соответствие свободной длины топливной струи и момента воспламенения топлива в струе; согласование характеристик топливных струй с формой и интенсивностью вихря; попадание топливных струй на стенку камеры сгорания с максимальным использованием площади стенки для процесса смесеобразования.

Разработанная математическая модель развития топливных струй в камере сгорания дизельного двигателя позволяет определять их дальнобойности, углы конуса, средний диаметр капель и распределение топлива вдоль оси и в поперечном сечении.

Разработана компьютерная модель с помощью САД-систем, позволяющая наблюдать развитие топливных струй в цилиндре дизельного двигателя в любой момент впрыскивания, а также определять положение топливных струй относительно камеры сгорания и их взаимодействие со стенкой камеры.

Проведено компьютерное моделирование по согласованию характеристик топливных струй с формой и размерами камеры сгорания и определены параметры камеры сгорания для дизельного двигателя Д-249, обеспечивающие рациональное распределение топлива в процессе смесеобразования.

Центральный выступ камеры сгорания спроектирован таким образом, чтобы обеспечить наиболее полное использование воздуха в ней, при этом попадание топлива на выступ сведено к минимуму для всех режимов работы дизеля. Стенка камеры имеет наклон, обеспечивающий рациональное отражение топливных струй в надпоршневое пространство. Форма и размеры камеры сгорания в сочетании с характеристикой впрыскивания топлива обеспечивают формирование объемно-пленочного смесеобразования в цилиндре.

УДК 621.43.068

Моделирование колебаний частоты вращения коленчатого вала на основании расчета процесса сгорания многоцилиндрового дизельного двигателя

Куцко Р.А. Пилатов А.Ю.

Военная академия Республики Беларусь,
Белорусский национальный технический университет

Прогнозирование неисправностей цилиндропоршневой группы, а также системы подачи топлива дизельного двигателя по колебаниям частоты вращения коленчатого вала является первым этапом диагностики дизельного двигателя. В этой связи возникает необходимость моделирования колебаний коленчатого вала дизеля.

На установившемся режиме работы, при $\omega = \text{const}$, крутящий момент сил инерции определяется некоторой функцией частоты вращения n . Момент газовых сил определяется зависимостью

$$M_n = \sum_{i=1}^n \frac{\pi D^2}{4} R P_{r_i} \left[\sin \varphi_i + \frac{\cos \varphi_i \lambda \sin \varphi_i}{1 - 0.5 \lambda \sin \varphi_i} \right],$$

где $p_{гi}$ – давление газов в i – том цилиндре; D – диаметр цилиндра; R – радиус кривошипа; n – частота вращения коленчатого вала; i – номер цилиндра; λ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна; φ_j – фазовый угол, соответствующий порядку работы цилиндров.

Основной интерес в вопросе моделирования момента газовых сил M_g представляет определение давления газов в цилиндрах, которое определяется как характеристиками выгорания топлива, так и конструкцией цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Это дает возможность при моделировании указанного давления учитывать особенности и условия ее функционирования ЦПГ, а также качество работы системы питания дизеля, что может быть использовано в вопросах их диагностики в частности моделирования неисправностей.

УДК 002. 658.512.2

Химмотологическая карта

Бренч М.П. , Бусел Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Проблемы качества и рационального использования горюче – смазочных материалов (ГСМ) в настоящее время выступают как фактор увеличения надежности, долговечности и экономичности автотранспортных средств. Необходимость иметь научную основу применения ГСМ привела к появлению новой прикладной отрасли науки – химмотологии(от слов «химия», «мотор», «логос» - учение, наука). Химмотология – это направление науки и техники, занимающееся изучением эксплуатационных свойств и качеств топлива, масел, смазок и специальных жидкостей, теорией и практикой их рационального применения в технике. Химмотологические исследования взаимосвязывают части системы, куда входит конструирование и изготовление техники, разработка и производство ГСМ, эксплуатация техники.

Разработчик машиностроительного изделия должен выбрать и обосновать применение марок ГСМ в изделии, определить допустимую замену отечественных ГСМ зарубежными марками. Документ, устанавливающий номенклатуру, массу или объем ГСМ и сроки их смены, называется химмотологической картой (ХК). Порядок составления ХК определен ГОСТ 25549 – 90 «Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Химмотологическая карта (порядок составления и согласования). ХК составляют для всех функционально законченных изделий. В качестве примера представлена химмотологическая карта, составленная инженерами отдела главного

конструктора Минского моторного завода для объекта собственного производства - дизельного двигателя.

ХК является составной частью конструкторской документации. В связи с этим предлагается ввести в пояснительные записки курсового проекта по конструированию ДВС и дипломного проекта раздел «Химмотологическая карта изделия».

УДК 621.436

Моделирование развития топливных струй в камере сгорания дизели

Петрученко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что характер развития топливной струи оказывает важное влияние на протекание процессов испарения, смесеобразования и сгорания топлива. Эффективность организации этих процессов во многом определяется технико-экономические показатели дизельного двигателя.

К параметрам, позволяющим оценить качество топливной струи, в зависимости от конструктивных параметров элементов топливной аппаратуры, режимных и регулировочных параметров работы дизеля, относятся: дальнобойность, угол раскрытия конуса струи, распределение топлива по сечению конуса струи, а также количество капель и их средние диаметры (арифметический d_{10} , поверхностный d_{20} , объемный d_{30} и по Заутеру d_{32}).

Проведены работы по уточнению компонентов выражений, по которым производится расчет оценочных параметров топливной струи. Для расчета сжимаемости, коэффициентов поверхностного натяжения и динамической вязкости топлива предложено использовать регрессионные зависимости, включающие в себя состав топлива, а также давление и температуру.

Выполнен расчет геометрических параметров топливной струи, мелкости распыливания топлива, распределения диаметров капель и топлива по сечению топливной струи для дизельного двигателя, работающего по скоростной характеристике.

В результате установлено что, дальнобойность струи монотонно уменьшается с возрастанием частоты вращения, в то время как угол раскрытия струи возрастает. Для большинства исследуемых скоростных режимов около 70% капель имеют примерно одинаковые размеры до 12 мкм, оставшуюся часть составляют более крупные капли, причем по мере снижения частоты вращения коленчатого размеры капель увеличиваются. Динамика уменьшения средних диаметров капель замедляется по мере увеличения частоты вращения и при $n \geq 2000 \text{ мин}^{-1}$ уменьшение размеров капель практически не происходит.

По мере снижения частоты вращения коленчатого вала концентрация топлива в центре струи увеличивается почти в 1,5 раза для $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ по отношению к распределению при частоте 2400 мин^{-1} . При удалении от распылителя концентрация топлива вблизи оси топливной струи снижается. На достаточно большом расстоянии (60 мм) от распылителя существенного различия в плотности распределения топлива по сечению топливной струи для сравниваемых частот.

УДК 621.43 – 52

Прогнозирование мехатронных устройств в ДВС

Бренч М.П.

Белорусский национальный технический университет

Эффективность применения двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на транспортном средстве возрастает при автоматизации функционирования его систем и механизмов. Современный дизельный двигатель представлен объединением шести систем, двух механизмов, двух главных функциональных элементов. Координированные действия между этими элементами двигателя до недавнего времени обеспечивались механическими связями по жесткой программе. Повышение мощностных, экономических и экологических характеристик дизеля потребовало более гибкого управления двигателем на основе применения информационных технологий и бортового микропроцессора. Как показывает современный опыт, электронные компоненты могут быть интегрированы в различные узлы двигателя, образуя мехатронные устройства.

Мехатронные системы – системы, которые имеют, как минимум, одну ключевую механически выполняемую функцию и поддерживаются в своей работе электронными системами. При этом на электронную часть возлагается задача получения и обработки информации об объекте управления, реализации управляющих алгоритмов, а также улучшения актуаторной (исполнительной) части.

На примере системы автоматического регулирования частоты вращения дизеля показаны возможные этапы прогнозирования мехатронных устройств: исходная механическая схема, функциональная схема, исследование информационных потоков, размещение в нужных местах датчиков информационных параметров, выделение в механической схеме электронного модуля. Примером реализации такой мехатронной системы может служить топливоподающая система с микропроцессорным управлением для двигателей ММЗ EURO – 3. Она представляет механический топливный насос высокого давления (ТНВД 773 – 25), рейка которого переме-

шается исполнительным механизмом в виде поворотного электромагнита ЭМП01 – 20. Нужное положение рейки обеспечивается электронным блоком управления на основе МП SAB – C167 CR – L Siemens.

Применение мехатронного устройства на двигателе ММЗ Д – 245.7ЕЗ позволило уменьшить удельный расход топлива на 6,9 % и придало дизелю свойства двигателя постоянной мощности.

УДК 621.436

Математическая модель и результаты исследования движения воздушного заряда в цилиндре дизеля

Предко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Качество процесса смесеобразования и сгорания дизелей во многом зависит от состояния воздушного заряда в цилиндре. У большинства современных дизельных двигателей вихревое движение воздушного заряда генерируется в процессе впуска и характеризуется величинами угловой скорости заряда и моментом количества движения, связанных между собой следующей зависимостью

$$M = J_v \cdot \omega_v,$$

где M – момент количества движения, ω_v – угловая скорость, J_v – момент инерции воздушного заряда находящегося в цилиндре и камере сгорания.

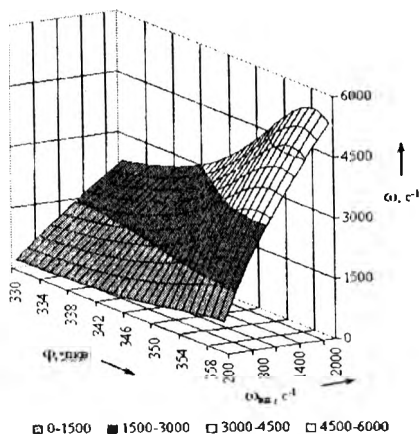


Рисунок 1 – Изменение угловой скорости воздушного заряда в такте сжатия

процессе сжатия. Задаваясь начальными и граничными условиями, промоделировано изменение интенсивности вихревого движения воздушного заряда в процессе сжатия.

По результатам моделирования можно сделать следующие выводы:

- в процессе сжатия воздушный вихрь претерпевает изменения, его скорость увеличивается, а момент количества движения уменьшается по сравнению с параметрами вихря в конце впуска;

- основным геометрическим параметром, влияющим на интенсивность изменения движения воздушного заряда в конце сжатия, является диаметр камеры сгорания.

УДК 621.43

Математическая модель системы автоматического регулирования частоты вращения дизеля при работе на неустановившихся режимах

Сельский М.П.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Дизели колесных транспортных средств сельскохозяйственного назначения при выполнении большинства технологических операций (кроме транспортных) работают при фиксированном положении рычага управления всережимным регулятором топливного насоса, что необходимо для поддержания приблизительно постоянной скорости движения согласно условиям выполнения этих операций.

Таким образом, для дизеля характерна работа на не установившихся режимах, вызванных колебанием момента сопротивления движению. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о снижении эффективной мощности двигателя и увеличении расхода топлива на неустановившихся режимах работы, что отчасти объясняется инерционностью механического регулятора и вязким трением в подвижных деталях.

Кроме того, могут возникнуть дополнительные потери энергии на демпфирование колебаний в валах двигателя и трансмиссии и потери энергии, связанные с возникновением внештатных режимов работы системы автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала (САРЧ) дизеля (например, режима биения или периодического неуправляемого отключения подачи топлива в тяговом режиме).

В значительной степени потери энергии на неустановившемся режиме работы дизеля определяются параметрами регулятора, от которых зависит амплитуда колебания рейки топливного насоса.

Наиболее надежным и наглядным способом оценки показателей качества САРЧ является их натурное определение при проведении полевых или стендовых испытаний или аналитическое определение путем решения системы дифференциальных уравнений, описывающих САРЧ.

Экспериментальный метод исследования более трудоемок, а некоторых случаях, в связи с отсутствием необходимого оборудования, – невозможен.

Составленная математическая модель, описывающая САРЧ дизеля КТС с механическим регулятором, позволяет аналитическим путем определять потери энергии, вызванные неустановившимися режимами его работы.

УДК 621.43.038.771

Особенности организации топливоподачи на режиме пуска в аккумуляторных системах дизелей с электронным управлением

Марчук А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Наряду с преимуществами, которые предоставляют аккумуляторные системы топливоподачи с электронным управлением, в том числе и на режиме пуска происходит выявление аспектов сложноподчиненного взаимодействия параметров системы оказывающих значительное влияние на качество управления двигателем. Данное взаимное влияние обусловлено как появлением совершенно новых компонентов, ранее не использовавшихся механическими системами так принципиально иной логикой реализации топливоподачи ввиду значительного структурного видоизменения топливной системы. Изучение указанных аспектов, ввиду значительного структурного видоизменения топливной системы.

Выделяют следующие отличительные особенности организации топливоподачи в аккумуляторных системах с электронным управлением:

1. Необходимость достижения минимальной частоты вращения.
2. Необходимость достижения заданного минимального давления в топливном аккумуляторе.
3. Необходимость успешной синхронизации датчиков коленчатого и распределительного валов.
4. Задание стартовой цикловой подачи через поле стартовых моментов в зависимости от температур двигателя.
5. Применение на режиме пуска полей УОВТ и давлений в топливном аккумуляторе, отличных от значений, используемых в базовом режиме.
6. Необходимость синхронизации переходных процессов управления топливоподачей.

В общем виде в аккумуляторных системах можно выделить 3 фазы на режиме пуска: прокручивание, разгон, минимальный холостой ход.

Для обеспечения гарантированного пуска двигателя необходимо знать условия перехода одной фазы в другую, особенно в холодный период эксплуатации, когда преодоление этих условий становится особенно акту-

ально, также особое внимание уделить исследованию процессов смены фаз.

Изучение указанных аспектов, ввиду стремительного расширения сфер применения аккумуляторных систем, является актуальной задачей с реальным практическим применением в процесс адаптации этих систем к двигателям выпускающихся в настоящее время.

УДК 621.436

Параметрическая модель тангенциального канала

Предко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Сложность процессов, происходящих в каналах газообмена, затрудняет экспериментальные исследования. Поэтому встает вопрос о сочетании экспериментальных и теоретических методов для эффективного изучения процессов протекающих во впускных и выпускных системах двигателей.

Первым этапом проведения расчетных исследований течений является создание параметрической модели канала. Рассмотрим основные этапы профилирования тангенциального канала:

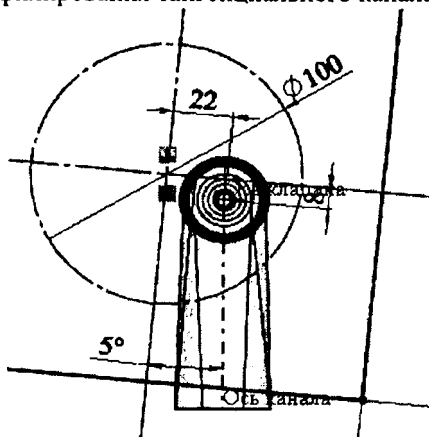


Рисунок 1 – Расположение канала относительно оси цилиндра

- задаемся расположением основных плоскостей и осей, определяющих расположение центров входных и выходных сечений канала;

- строим профиль выходного сечения канала, ось сечения должна совпадать с осью клапана и диаметр соответствовать диаметру горловины;

- на боковой плоскости, отстоящей от оси клапана на заданное расстояние, строим сечение входного отверстия, сечение входа должно быть 20-30% больше чем выходное сечение;

- соединяем центры входного и выходного сечений плоской линией третьего порядка. Задаваясь координатами точек перегиба, получаем каналы с различным положением стенок;

- создаем тело канала путем соединения входного и выходного сечений по направлению осевой линии;
- ориентируем полученный канал относительно оси цилиндра.

Данная модель основана на небольшом числе параметров и пригодна для проведения оптимизационных расчетов.

УДК 623.41

Совершенствование процесса сгорания топлива применением озонирования

Ноженко Е.С., Могила В.И., Кравченко А.П.
Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля

Разработка конструкций транспортных средств нового поколения с улучшенными технико-экономическими показателями - актуальная задача транспортного машиностроения, призванная решать проблему замены устаревшего парка машин в условиях роста национального валового продукта Украины и постепенно повышающегося грузопотока. При этом обеспечение экологичности и экономичности транспортного средства невозможно без совершенствования существующего процесса сгорания нефтяного топлива в двигателе внутреннего сгорания транспортного средства.

Учеными Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля проводятся исследования, направленные на совершенствование процесса сгорания топливовоздушной смеси двигателя внутреннего сгорания, путем влияния на ее физико-химические свойства озоном. Использование озона, как добавки к дизельному топливу, позволяет увеличить количество свободных кислородсодержащих радикалов, повысить температуру в период химической подготовки к возгоранию, тем самым интенсифицируя процесс сгорания. Кроме того использование озонотопливовоздушной смеси позволяет снизить количество неполных продуктов сгорания, таких как сажа, оксид углерода (CO), несгоревшие углеводороды, бензапирена, а, как известно, уменьшение выбросов CO достигается в процессе сгорания топлива при избытке окислителя, а причиной выбросов углеводородов и бензапирена является неоднородность топливовоздушной смеси. Первичные экспериментальные исследования показали перспективность данного направления, о чем свидетельствует снижение расхода топлива до 1,1%, выбросов сажи до 15-17%, причем повышение оксидов азота зафиксировано не было. Таким образом, требуются дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования для развития и совершенствования данного направления.

Возможности использования биоэтанола в двигателях внутреннего сгорания

Корпач А.А., Захарченко А.Н.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Нехватка топлив нефтяного происхождения для двигателей внутреннего сгорания ставит задачу поиска новых видов топлива, в первую очередь, альтернативных, получаемых из возобновляемых источников энергии. Одним из них является биоэтанол, производимый из биомассы методом брожения.

Биоэтанол используют в чистом виде или как добавку до традиционных топлив.

В Национальном транспортном университете на протяжении многих лет проводятся исследования по использованию биоэтанола в двигателях транспортных средств.

Проведены исследования по использованию 10 и 20% добавок биоэтанола до бензина. Установлено о необходимости изменения установочного угла опережения зажигания, что приводит к улучшению экологических показателей и топливной экономичности.

Разработана технология раздельной подачи биоэтанола и бензина в цилиндры двигателя. При этом пуск двигателя, работа в режимах малых нагрузок осуществляется на бензине, а по мере возрастания нагрузки количество биоэтанола в смеси увеличивается, на номинальном режиме- работа на биоэтаноле.

При этом ликвидируются недостатки использования биоэтанола – ухудшение пусковых качеств и возможность расслоения смеси бензина и биоэтанола. Такая технология позволяет увеличение содержания биоэтанола в смеси до 40%.

Техническая эксплуатация автомобилей

**Совершенствование нормирования расхода топлива
как один из путей экономии ТЭР на автотранспорте**

Болбас М.М., Лангенбах В.С.

Белорусский национальный технический университет
Пекарь Ф.Н.

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

Под нормированием расхода топлива на автотранспорте понимается установление его допустимой величины в определенных условиях эксплуатации для конкретной модели транспортного средства. Нормирование осуществляется путем применения линейной нормы (базовая норма расхода топлива на 100 км пробега) и установленных величин повышений (снижений), а также величин дополнительного расхода топлива.

На расход топлива влияют многочисленные факторы, связанные с конструкцией автомобиля, и факторы эксплуатационного характера. Достижения научно-технического прогресса в отраслях, занимающихся производством и эксплуатацией транспортных средств, топлива, смазочных материалов, обуславливают изменения характера этого влияния.

В работе проанализированы мероприятия автомобильной промышленности, вызывающие изменения показателей топливопотребления: повышение надежности транспортных средств, применение автомобильных шин с улучшенными техническими характеристиками, систем питания двигателей, обеспечивающих более высокие показатели топливной экономичности, применение автоматических трансмиссий и др. Проанализированы изменения, произошедшие в сфере эксплуатации состава автомобильного транспорта, а также влияющие на расход топлива; совершенствование организации перевозочного процесса, в частности, организация перевозок по рациональным маршрутам, улучшение организации работы погрузочно-разгрузочных пунктов; введение новых систем регулирования дорожного движения; строительство автомобильных дорог с улучшенными транспортно-эксплуатационными характеристиками дорожных покрытий и т.д.

Обоснована необходимость пересмотра норма расхода топлива, в частности, применяемых в настоящее время на автотранспорте установленных величин повышений (снижений) и дополнительного расхода топлива в конкретных условиях эксплуатации.

Определение оптимальной периодичности замены моторных масел

Сай А.С., Пашин А.Д., Дюбков Н.А.

Белорусский национальный технический университет

В процессе работы моторные масла подвергаются воздействию различных факторов, таких, как высокая температура, интенсивные контакты с кислородом воздуха и с продуктами сгорания топлива; каталитическое воздействие металлов и сплавов; изменение скоростного и нагрузочного режимов двигателя; техническое состояние двигателя и т.д. К этому следует добавить, что условия эксплуатации автомобилей изменяются по сезонам года. Температура окружающего воздуха является основным сезонным фактором, влияющим на процесс старения моторного масла. Практическая ценность методики корректирования периодичности замены моторных масел в зависимости от сезонных условий заключается в обеспечении более полного использования ресурса моторных масел; недопущения работы двигателя на «непригодном» масле; снижения затрат на приобретение моторных масел.

Интенсивность изменения показателей качества моторного масла при повышении температуры окружающего воздуха будет возрастать. Это связано с увеличением скорости процессов окисления (по температуре воздуха), наличием дорожной пыли на дорогах (по относительной влажности, загрязненности воздушных потоков, количеству дней с осадками). По описываемой методике такие показатели качества как интенсивность изменения вязкости, диспергирующая способность, щелочное число, оптическая плотность моторного масла, общее содержание механических примесей, наличие растворимых смол, сажи) изменяются по экспоненциальной зависимости от температуры окружающего воздуха и имеет вид

$$u = a \cdot e^{bt},$$

где a и b - параметры модели; t - температура окружающего воздуха.

Методика заключается в том, что нормативную периодичность замены моторного масла корректируют с помощью корректирующего сезонного коэффициента, который рассчитывается для каждого месяца начала эксплуатации и учитывает изменение интенсивности старения моторного масла при изменении среднемесячной температуры воздуха, а также интенсивность эксплуатации автомобиля в течение года.

**Современные технологии диагностирования
электронных систем управления**

Гурский А.С.

Белорусский национальный технический университет

Современное автомобилестроение огромными темпами внедряет инновационные технологии в системах управления, что значительно улучшает экономические, экологические и другие качества автомобилей. Одновременно с этим появляются трудности с техническим обслуживанием и ремонтом автомобилей, особенно с точки зрения диагностирования. Для упрощения диагностирования производители стремились централизовать системы управления в одном блоке управления. Но в связи с недостатками централизованных систем, общая тенденция в области автоматизации автомобилей состоит в замене традиционной централизованной системы управления на распределенную систему управления путем соединения блоков управления интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов. Связь осуществляется посредством шины передачи данных CAN (Controller Area Network), которая характеризуется высокими скоростями передачи данных и помехоустойчивостью, а также способностью обнаруживать любые возникающие ошибки. Достоинство таких систем проявляется в общем диагностировании, так как, подключив диагностический сканирующий тестер в любой точке шины передачи данных определяем параметры работы отдельных систем и в сочетании друг с другом. Передаваемую информацию в шине данных можно фиксировать с помощью цифрового осциллографа с последующей расшифровкой данных или с помощью электронного дешифратора – анализатора сигналов. В случае отсутствия информации об обмене данными от автопроизводителей достаточно использовать информацию, записанную с шины данных одного исправного автомобиля и составить протокол обмена данными для данного автомобиля. Проанализировав информацию в шине можно сделать заключение об исправности датчиков, исполнительных механизмов и электронных блоков управления, включенных в общую шину передачи данных с целью быстрого и точного поиска неисправности соответствующего элемента. Другое немаловажное направление использования данных, передаваемых в шине – принудительное управление исполнительными механизмами и системами. Подавая сигналы доминантного состояния в шину данных можно искусственно создать условия работы систем в требуемом режиме и одновременно отслеживать выходные показатели работы систем.

**Проблема запасных частей на предприятиях
автомобильного транспорта**

Казацкий А.В., Смольская В.С.

Белорусский национальный технический университет

Обеспечение потребностей предприятий по эксплуатации и ремонту автотранспортной техники в запасных частях осуществляется за счет изготовления и восстановления деталей автомобилей. Выпуск новых изделий ограничивается лимитами металла и металлопроката, а также производственными возможностями предприятий автомобильной промышленности авторемонтного производства и автомобильного транспорта.

Поддержание автомобильного парка на высоком уровне, четкая, ритмичная работа автотранспортных (АТП) и авторемонтных предприятий (АРП) в значительной мере определяются степенью удовлетворения их потребностей в запасных частях. В современных экономических условиях автомобильный транспорт, занимающийся перевозками грузов и пассажиров, можно разделить на три группы по принадлежности: специализированные автотранспортные предприятия коммерческих перевозок (САТП); индивидуальные предприниматели (ИП) и частные транспортные предприятия; автотранспортные предприятия Минтранса. Процентное соотношение по объемам перевозок выглядит следующим образом: САТП около 28% грузов и 9,5% пассажиров; ИП около 3,4% грузов; АТП Минтранс около 24% грузов и 70,3% пассажиров. Ведомственным транспортом перевозится около 44% грузов. Поэтому поддержание автомобилей в технически исправном состоянии для САТП, ИП и организаций не имеющих развитой производственно-технической базы (ПТБ), является злободневным и реализуется в основном за счет больших затрат на запасные части и неоправданных потерь из-за недостаточной квалификации исполнителей работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей. Эти обстоятельства усугубили проблему запчастей: в первую очередь из-за высокой стоимости, во вторую - по причине дефицита.

Автомобильный парк Республики представлен многими моделями и большим возрастом автомобилей: около 50% автомобилей выпущены в 1994-2002 г.г., что также ведет к необходимости решения этой проблемы. Учитывая в какой-то мере приведенную выше информацию, на наш взгляд, необходимо подходить к этому вопросу не только за счет увеличения выпуска новых запасных частей, но и решать эту проблему за счет восстановления изношенных, многократно заменяемых в процессе эксплуатации автомобилей.

УДК 629.113.004

Развитие авторемонтного производства на современном этапе

Левковский А.П., Турица А.А.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

На современном этапе развития автотранспортного комплекса Украины авторемонтное производство приобретает новый подход. Многономенклатурность деталей, которая образовалась вследствие значительной разномачорности подвижного состава, при незначительном количестве каждого наименования, предъявляет особые требования к развитию производственно-технологической базы (ПТБ) ремонта автомобилей, восстановления и упрочнения деталей.

Первыми шагами на пути научного обоснования рациональных производственно-технологических структур современного ремонтного производства являются исследования адаптивности ПТБ существующих авторемонтных структур и технологических процессов восстановления деталей.

Известно, что основой традиционного подхода развития авторемонтных структур был обезличенный метод ремонта. Такой подход довел свою эффективность в условиях больших специализированных ремонтных структур. Для децентрализованного авторемонтного производства необходимо развивать другой подход, основанный на гибких технологических процессах, которые дают возможность оперативно и качественно восстанавливать детали, как правило, различной формы и в незначительном количестве каждого наименования.

Теоретические разработки авторов статьи и практический опыт восстановления деталей в условиях комплексного АТП свидетельствуют о целесообразности создания гибких производственных подразделений по восстановлению быстроизнашивающихся деталей в АТП, СТО и специализированных мастерских.

УДК.629.9.048

Некоторые вопросы прогнозирования ремонтпригодности транспортных систем

Мнацаканов Р.Г., Богданова О.И., Глухонец О.А.

Национальный транспортный университет (г. Киев, Украина)

Создание сложных технических систем, к которым относится автомобиль, и повышение требований к их технической готовности вынуждают разрабатывать более точные методы анализа и прогноза.

Под прогнозированием составляющих надежности, в частности ремонтпригодности автомобиля, понимают процесс получения научно обоснованной информации о его состоянии в будущем. Прогнозирование есть необходимым условием оптимизации опытного процесса. По оценкам отечественных и зарубежных специалистов на сегодняшний день насчитывается более 150 методов прогнозирования, но число основных методов, которые повторяются в разных вариациях, во много раз меньше.

При прогнозировании ремонтпригодности изделий сущность значения имеет стабильность конструкции. Однако в автомобиле есть отдельные узлы и детали с низким уровнем надежности, которые не имеют необходимой стабильности. Их развитие и усовершенствование с позиции ремонтпригодности может идти по конструктивному, технологическому и триботехническому направлениям.

Прогнозирование является ключевым для решения основных задач, связанных с оценкой ремонтпригодности на стадии проектирования и наличия опытного образца машины. Перспективным является использование методов статистического моделирования, когда учитываются вероятностные характеристики режимов и условий работы машины, внешних воздействий и протекающих процессов старения.

Технологический процесс должен обеспечить устойчивое формирование всех параметров изделия, которые определяют его надежность. Анализ с этих позиций структуры технологического процесса, применяемых методов и режимов обработки, методов контроля, учет остаточных и побочных явлений, связанных с обработкой и сборкой изделий, оценка технологической наследственности, использование принципов адаптации и саморегулирования позволят применять наиболее эффективные решения для обеспечения ремонтпригодности изделий при их производстве.

Поддержание и восстановление работоспособности машин является сложным процессом, зависящим от многих факторов – конструкции машины, методов ее эксплуатации, организации и системы ремонта и технического обслуживания, экономических факторов. Выявление рациональных методов ремонта связано с их оптимизацией, в первую очередь, по критерию экономичности, что требует учета вероятностных процессов потери машиной работоспособности и реальных возможностей по ее восстановлению. Правильная организация системы ремонта и обслуживания может при тех же затратах значительно повысить эффективность использования сложных технических устройств и машин.

УДК 629.113.004.67

Оптимизация параметров производственной системы предприятия автосервиса с использованием имитационной модели

Андрусенко С.И., Бугайчук А.С.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Разработана методика оптимизации параметров производственной системы (ПС) предприятия автомобильного сервиса (ПАС). Методика базируется на использовании имитационной модели ПС ПАС, реализованной средствами системы Mathcad 14. Производственная система рассматривается как цепочка последовательно связанных общей целью технологических подразделов ПАС, таких как: стол заказов; мойка; производственные подразделения (текущий ремонт, техническое обслуживание, диагностирование, другие услуги); участок технического контроля; участок передачи автомобилей клиенту. При моделировании задаются случайные интервалы времени поступления заявок в стол заказов, а также случайные значения времени обслуживания на постах в каждом подразделении. Моделирование возможно при любых законах распределения случайных интервалов времени. При моделировании определяются экономические показатели деятельности всего предприятия, время выполнения каждого заказа и среднее за период время выполнения заказов, индивидуальный и совокупный простой постов и работников, время ожидания автомобилей в очередях, и другие показатели работы производственной системы.

В результате имитационного моделирования работы конкретного ПАС определены оптимальные значения основных параметров его производственной системы. Показано, что при комбинации оптимальных параметров выбранного для анализа предприятия, почти вдвое возросла часовая прибыль, существенно повысилась рентабельность и уменьшилось время выполнения заказов.

УДК 629.113.004.5

Региональные диагностические комплексы на службе повышения надежности и ресурса автомобилей

Дьяченко Г.В.

Восточнукраинский национальный университет
имени Владимира Даля

Накопленный потенциал возможностей технической диагностики в получении объективной информации о фактическом состоянии каждого автомобиля не нашел массового применения в Украине. Это не позволяет оперативно управлять объемами и регламентом, производственными ресурсами и технологическими процессами ремонтно-профилактических

воздействий на строго научной основе. При этом не использованы имеющиеся возможности централизации, специализации, кооперирования и оптимального размещения предприятий автосервиса.

С целью реализации концепции профилактического обслуживания и ремонта автомобилей по их фактическому техническому состоянию на базе диагностической информации в автосервисе, должна функционировать система централизованного диагностирования автомобилей на основе организации и использования региональных диагностических комплексов (“СЦДА – РДК”). Оценка ее эффективности производится с помощью моделей на основе сравнения различных вариантов формирования системы и последовательного учета составляющих параметров функционирования структурной производственной единицы – РДК по технико-экономическим критериям.

При таком подходе появляются возможности эффективного использования высокопроизводительного оборудования, снижения производственных затрат в результате специализации рабочих мест и производства в целом, расширения рациональных производственных связей, а также технологических форм. Это обеспечит более производительное использование трудовых ресурсов, как в сфере автосервиса, так и в сфере эксплуатации автомобильного транспорта и, самое главное, на основе полученной и накопленной диагностической информации, повысит надежность и ресурс автомобилей за счет оптимизации процессов ремонтно-профилактических воздействий, выполняемых на одном из действующих совместно с РДК автосервисном подразделении.

УДК 621.114.5

Надежность автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 Actros LS

Кравченко А.П., Глайборода А.А., Шаферов А.Ю.
Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля

Значительная часть подвижного состава, выполняющего международные перевозки, является иностранного производства ведущих мировых фирм, в том числе автомобили – тягачи Mercedes-Benz 1844 Actros LS. Эти автомобили имеют высокие технико-экономические показатели, однако практическая реализация их возможна при высоком потенциале работоспособности и нарушение ее будет иметь большое значение в эффективности использования автопоездов в целом. Поэтому у перевозчиков появляется интерес к надежности этих транспортных средств, какие отказы и неисправности появляются, как они влияют на простой автопоездов в эксплуатации.

С целью разработки рекомендаций по повышению эксплуатационной технологичности, выявления резервов повышения надежности и сокращения затрат на ремонт организовано исследование надежности ста автомобилей 2004 года выпуска в гарантийный период эксплуатации.

Получены характер и закономерности распределения отказов и неисправностей, характеристики распределения затрат времени на восстановление по агрегатам и системам автомобилей. При среднем пробеге 76,3 тыс. км выявлено более семисот нарушений работоспособности, потребовавших заезда автомобилей на фирменные центры обслуживания. Средняя наработка до первого нарушения работоспособности составила 31 тыс. км. На первых десяти тыс. км пробега на двадцати пяти автомобилях выполнена замена коробки передач, топливного бака, турбокомпрессора, рулевых тяг, блока управления двигателем, выполнены регулировочные работы и др. Общее время простоя составило 4796,5 часа. Среднее время простоя одного автомобиля составило 12,0 часов. Полученные закономерности нарушения работоспособности, отвечающие асимметричным законам распределения, отразили несовершенный уровень конструкции и технологии сборки некоторых элементов автомобилей.

УДК 629.113

Метод определения режима обслуживания транспортных средств применением мониторинга расхода топлива

Сметана С.А.

Восточноукраинский национальный университет
имени Владимира Даля

Одним из путей совершенствования системы ТО и Р является реализация концепции профилактического обслуживания и ремонта транспортных средств (ТС) по их фактическому техническому состоянию. Расход топлива является интегральным показателем, учитывающим многообразие факторов, влияющих на техническое состояние ТС. Необходимость создания системы мониторинга расхода топлива, позволяющей проводить гибкую оптимизацию режимов и индивидуализацию нормативов ТО и Р, определяет актуальность данной работы. Целью исследования является повышение эффективности системы ТО и Р средств транспорта путем совершенствования метода определения рационального режима их обслуживания, на основе диагностической информации о фактическом расходе топлива. Объект исследования - система технического обслуживания и ремонта подвижного состава автомобильного транспорта. Предмет исследования – практическая реализация системы мониторинга расхода топлива.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- исследовать теоретические предпосылки разработки рациональных режимов технического обслуживания и ремонта ТС;
- разработать математическую модель расчета рациональной периодичности и момента проведения технических воздействий;
- разработать методики сбора и обработки первичной информации о фактическом расходе топлива;
- выбрать способ и разработать технические средства контроля расхода топлива;
- провести опытную проверку эффективности системы мониторинга расхода топлива в реальных условиях АТП.

УДК 629.113

Обеспечение работоспособности автомобиля

Рязанцев Р.Ю.

Национальный транспортный университет (г. Киев)

Номинальное значение параметров эксплуатационных свойств автомобиля в процессе эксплуатации постепенно изменяется, отрицательно влияя на его работоспособность. Интенсивность изменения будет зависеть не только от совершенства его конструкции и условий эксплуатации, но и от системы технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Система технического обслуживания и ремонта автомобилей обеспечивает эффективное управление техническим состоянием посредством диагностирования, технического обслуживания и ремонта транспортных средств с использованием результатов диагностирования.

Для решения этих задач система должна быть укомплектована высококвалифицированным производственным персоналом, иметь хорошо развитую производственную техническую базу с современным высокопроизводительным техническим оборудованием, использовать современные, малой ресурсоемкости технологические процессы.

В докладе приводится анализ развития системы технического обслуживания и ремонта Украины. Отмечается, что она была составной частью советской (российской) системы технического обслуживания и ремонта автомобилей, развивалась вместе с ней и под ее влиянием. После распада Советского Союза в Украине разрабатываются свои системы технического обслуживания и ремонта. Первой из них была система, разработанная в 1994 году. В этой системе оригинальной была методика определения периодичности технического обслуживания автомобилей не по пробегу автомобиля, а по количеству израсходованного им топлива. Однако эта система была вскоре, через четыре года, в 1998 году заменена новой. В докладе анализируются причины недолговечности этой прогрессивной идеи, так

как по новой системе периодичности технического обслуживания как и ранее определятся по пробегу. В заключение приводиться оценка соответствия действующей системы современной практике использования автомобилей.

УДК 530.145

Массоизбирательный перенос в парах трения

Пашин А.Д., Сай А.С.

Белорусский национальный технический университет

Исследования процессов избирательного переноса в парах трения полимер-металл в широких пределах их энергетических характеристик позволили установить, что возникновение электрических зарядов при фрикционном контакте металлов и диэлектриков обусловлено переносом носителей зарядов, который характеризуется работой выхода $W = W_1 - W_2$, где W_1 и W_2 - работа выхода элементарных частиц из металла или диэлектрика, если $W_1 > W_2$, то процесс переноса зарядов идет в сторону полимера. Ситуация реально возможна при возникновении неоднородного поля пар частиц – электрона и позитрона относительно движения их в пространстве связано с переносам массы вещества, монополюного заряда и соответственно переносам электрических магнитных и гравитационных полей. Известно, что у протонов количество электрических монополей в оболочке=69 из них 68 зарядов парные (+ -) и один заряд избыточный положительной полярности. Если в паре трение имеется объект с монополией отрицательных зарядов, протон переноситься на эту поверхность, образуя нейтральную частицу. Такая ситуация естественно неустойчива, так как в условиях трения нейтральная частица может терять свой заряд и это способствует тому, что начиная с некоторой критической энергетической точки осуществляется сверхсильное взаимодействие элементарных частиц их выброс, перенос и синтез новых несуществующих ранее металлических или метало полимерных композитов. Эффекты массо избирательного переноса начинают проявляться при любой скорости перемещения образцов и нагрузки на них. При этом экспериментально обнаружены нарушения линейности роста ряда энергетических показателей таких как механических тепловых электрокинетических и других. Наблюдаемый эффект достаточно глубокого проникновения микрочастиц металла в полимер и наоборот характеризуется значительным выделением энергии превосходящей кинетическую энергию диффузии в $10^9 \dots 10^{12}$ раз. Наиболее простым объяснением такого эффекта является рождение электрон-позитронных пар с последующей их аннигиляции и лавинной активации других процес-

сов. В соответствии с принципом пространственной трансформации энергии такие процессы сводятся к освобождению дополнительной энергии и в качестве активной сплошной среды может выступать любая среда жидкая твердая газообразная.

УДК 629.113.004

Совершенствование конструкции топливной аппаратуры дизельных легковых автомобилей

Поклад Л.Н., Флерко И.М.

Белорусский национальный технический университет

Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу от работы автомобильного транспорта осуществляется с помощью:

- законодательных нормативных актов;
- конструктивных изменений устройства автомобиля;
- эксплуатационными мероприятиями;
- повышением качества используемого топлива;
- использования альтернативных видов топлива.

Наиболее интенсивно используются и совершенствуются первые два направления.

Нормирование токсичности отработавших газов (ОГ) предусматривается при эксплуатации и стендовых испытаниях автомобилей. В странах ЕС и РФ при эксплуатации используются стандарты учитывающие категорию, год выпуска и комплектацию средствами нейтрализации и системой диагностирования автомобиля. Используемые в РБ стандарты не учитывают этих обстоятельств, что является существенным недостатком. При стендовых испытаниях в странах ЕС предельные значения вредных веществ ОГ для легковых автомобилей содержатся в стандартах: Евро 1 (с 1992 г.), Евро 2 (с 1996 г.), Евро 3 (с 2000 г.) и Евро 4 (с 2005 г.). Характерным для данных стандартов является существенное ужесточение норм. Так, выбросы CO для дизельных автомобилей в Евро 1 составили 2,72, CH+NO_x – 0,97 г/км, частиц – 0,14 г/исп., а в Евро 4 CO – 0,5, CH+ NO_x – 0,3 г/км, частиц – 0,025 г/исп. Для их достижения выполнен ряд существенных конструкторских изменений устройства автомобилей. Автомобили стали оснащаться различными средствами нейтрализации и рециркуляции ОГ. Топливные системы также претерпели принципиальные изменения. Например, в дизельных автомобилях, вместо механических топливных насосов стали использоваться насосы с электронным управлением. В настоящее время на легковых автомобилях устанавливаются аккумулирующие системы или насос-форсунки, для которых характерно высокое давление и мно-

гократный, непосредственный впрыск топлива, и другие усовершенствования, что позволяет удовлетворить требованиям норм Евро 4.

УДК 629.113.004.67

Прогнозирование трудоемкости капитального ремонта агрегатов автомобилей в зависимости от их конструктивной сложности

Савич А.С.

Белорусский национальный технический университет

Для рационального использования подвижного состава автомобильного транспорта необходимо выполнение ряда технических, экономических и организационных задач. Трудоемкость ремонта автомобилей и их агрегатов зависит от многих факторов и, прежде всего, от конструктивной сложности ремонтируемых изделий и технической оснащенности ремонтного предприятия. При проектировании предприятий по ремонту изделий новых моделей автомобилей трудоемкость принимают по ориентировочным нормативам без учета конструктивной сложности и особенностей агрегатов. Проведенные исследования позволили установить факторы, характеризующие конструктивную сложность агрегатов, влияющие на трудоемкость их ремонта.

На трудоемкость ремонта влияют: масса агрегата; суммарное число крепежных соединений; число соединений трения скольжения; число подшипников качения; зубчатых передач; шлицевых и шпоночных соединений; количество сальниковых уплотнений. Для решения данной задачи использованы комплексные (интегральные) конструктивные параметры K , введение которых позволило установить зависимость трудоемкости от одной переменной K . При этом были опробованы несколько интегральных конструктивных параметров:

$$K_1 = G \cdot \sum n_i; \quad K_2 = G \cdot \sum \ln n_i; \quad K_3 = G \cdot \sum \sqrt{n_i}; \quad K_4 = G \cdot \ln \sum n_i,$$

В этих выражениях приняты следующие обозначения: G – масса агрегата, т; n_i – количественное выражение конструктивного параметра, влияющего на трудоемкость ремонта. В результате выполненных расчетов получены значения параметров K для основных агрегатов моделей отечественных автомобилей. Для нахождения корреляционной зависимости трудоемкости от комплексного конструктивного параметра K были составлены математические модели по шести функциям, по которым произведены расчеты на ЭВМ. В расчет принималась оптимальная модель с наилучшими характеристиками корреляционной согласованности. Анализ результатов расчета показал, что наиболее часто оптимальным является комплексный параметр K_2 , а оптимальной математической моделью – квадратный трехчлен.

Изложенная методика и полученные корреляционные зависимости могут быть использованы для прогнозирования трудоемкости ремонта перспективных моделей автомобилей и определения производственной программы при проектировании авторемонтных предприятий.

УДК 629.113.004

Перспективы развития системы государственного технического осмотра транспортных средств Республики Беларусь

Савич Е.Л., Кручек А.С.

Белорусский национальный технический университет

Развитие и совершенствование системы государственного технического осмотра в настоящее время целесообразно вести по следующим направлениям:

- ♦ укрепление процесса выполнения функции государственного регулирования и повышение качества проведения государственного технического осмотра транспортных средств за счет повышения финансовой и управленческой независимости диагностических станций от автоперевозчиков и использования новых диагностических приборов и технологий;
- ♦ создание системы предотвращения коррупционных проявлений на диагностических станциях на основе системы фотофиксации регистрационных номеров транспортных средств, создания службы внутренней безопасности, разработки и внедрения системы «третьего знака»;
- ♦ совершенствование системы обучения инженеров-диагностов увеличением срока обучения с 2 до 5 недель;
- ♦ увеличение объема обучения по предмету «Инструментальный контроль автотранспортных средств» в БНТУ;
- ♦ разработка концепции и создание системы персональной ответственности инженеров-диагностов на диагностических станциях, создание института экспертов-диагностов;
- ♦ разработка нормативной документации по совершенствованию системы государственного технического осмотра транспортных средств с учетом сертификации диагностических станций в соответствии с требованиями ИСО 9001-2001;
- ♦ разработка нового программного обеспечения по созданию единой системы сбора, учета и анализа информации по гостехосмотру;
- ♦ пересмотр действующих стандартов по токсичности отработавших газов в соответствии с международными требованиями;
- ♦ внедрение в технологии проверки транспортных средств проверку электронных систем управления автомобилем.

Оптимизация взаимодействия образования, науки и инноваций

Самко Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Цель оптимизации – повышение эффективности инновационной деятельности в системе образования, науки и профессионально ориентированной системы инновационной деятельности. Объективными условиями её достижения является гармонизация организационного взаимодействия на основе сотрудничества, заинтересованности каждой из сфер в успешной деятельности как внутри её, так и в стране в целом. Требования к оптимизации взаимодействия заключаются в её реальности, повышении степени идеальности систем, учёте экономических, социальных, правовых и психологических факторов. Решения по оптимизации взаимодействия образования, науки собственно инновационных образований принимаются на основе анализа и выбора возможных вариантов с учётом экономической обусловленности и других ограничений политического, социального, морально-правового и этического характера. Сущность оптимизации формализуется через следующие положения: не сводимость одного качества к другому посредством количественной меры; признание объективной обусловленности процессов развития; отказ от привычных, часто упрощённых представлений о критериях оптимальности. Объединяющими началами для сфер образования, науки и инноваций являются: 1) человек как потенциальный создатель и носитель инновационных идей; 2) знания, которые являются движущими силами создания инновационных проектов, технологий, систем и процессов; 3) производство и экономика как заказчики, потребители результатов инновационной деятельности, с одной стороны и её источники с другой. Задачами оптимизации взаимодействия названных сфер является выработка общих критериев эффективности инновационной деятельности в целом и специальных показателей качества инновационной деятельности для каждой из сфер – образования, науки и собственно инновационных институтов, с учётом международной практики стандартизации показателей качества и идей инновационного развития, заложенных в систему менеджмента качества. Формирование таких критериев и показателей неотделимо от методов их достижения и обеспечения. В этом случае инновационный процесс реализуется как динамическая последовательность действий по обеспечению зарождения, преобразования и использования инновационных идей для создания новых потребительских качеств и благ, получения прибыли, достижения стабильной конкурентоспособности.

К вопросу использования производственно-технической базы предприятий автомобильного транспорта в современных условиях

Смольская В.С., Казацкий А.В.

Белорусский национальный технический университет

Изменения по количеству и составу, принадлежности автомобилей по формам собственности, интенсивности использования, изменения в структуре предприятий автомобильного транспорта (ПАТ) и их взаимодействии сказались на техническом состоянии автомобилей. Стройная система технического обслуживания и ремонта не реализует себя даже в условиях АТП, имеющих современную производственно-техническую базу (ПТБ), в связи с разукрупнением, ликвидацией, изменением профиля и др. причинами. К этому следует добавить недостаточную техническую грамотность владельцев транспортных средств.

Перевозки грузов и пассажиров осуществляют индивидуальные предприниматели, частные предприятия, АТП коммерческих перевозок, АТП Минтранса и ведомственный транспорт. В то же время только на АТП Минсктранса можно обеспечить гарантированное выполнение регламентированных работ по ТО, диагностике и ТР. Для остальных ПАТ обеспечение технически исправного состояния автомобилей осуществляется самими владельцами (иногда по договорам с предприятиями автосервиса) с использованием большого количества запасных частей.

Авторемонтное производство, как структурная составляющая в системе автомобильного транспорта с направленностью на предметную специализацию, в современных условиях уступает свои позиции ремонту автомобилей агрегатным методом на ПАТ. Реализация этого метода основана на проведении цикла ремонтно-восстановительных работ с учетом ресурса базовых деталей. Остальные детали должны восстанавливаться или заменяться. Поэтому проблема дефицита запасных частей для всех ПАТ остается актуальной.

В этих условиях большое внимание должно уделяться экономному использованию материальных средств, развитию работ по централизованному восстановлению деталей на предприятиях, участках, цехах или отделениях действующих предприятий автомобильного транспорта: АТП, СТО, БЦТОР. Для этого в каждом конкретном случае необходимо: определиться в номенклатуре восстанавливаемых деталей; обосновать и выбрать доступный способ восстановления по техническому и экономическому критериям; обосновать возможность реализации в условиях ПАТ, с учетом критерия применимости не только для детали, но и с учетом использования имеющегося оборудования, оснастки, специалистов; конкретизировать технологические процессы, освоенные в производстве, для реализации в условиях ПАТ.

Исследование отказов подвески колес автобусов МАЗ-105 в эксплуатации

Флерко И.М., Поклад Л.Н.

Белорусский национальный технический университет

Исследование проведено в условиях рядовой эксплуатации автобусов МАЗ-105 в автобусном парке №7 г. Минска. Подконтрольная группа автобусов составила 50 единиц с годами выпуска и ввода в эксплуатацию 2001-2007. Анализировались данные об отказах и неисправностях подвески автобусов с момента ввода их в эксплуатацию по февраль 2008г. Источником информации являлись лицевые карточки автобусов, заявки на ремонт.

На основании обработки этих документов получены данные, представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Распределение отказов по элементам подвески

№ п/п	Вид неисправности	Количество отказов	
		единиц	процент
1.	Негерметичность пневмосистемы подвески	29	20,5
2.	Неисправности амортизаторов	38	27
3.	Неисправности регулятора уровня пола и крана уровня пола	24	17
4.	Неисправности реактивных тяг	21	15
5.	Неисправности пневморессор	29	20,5
ИТОГО:		141	100

Таблица 2 – Распределение отказов в зависимости от пробега автобуса с начала эксплуатации

Неисправности		Пробег, тыс.км					
		0-100	100 - 200	200- 300	300- 400	400- 500	500- 600
Общая негерметичность	N,%	6,8	14,2	27,9	37,4	9,6	4,1
Амортизаторы	N,%	10	24,6	34,8	16,5	11	3,1
РУП и КУП	N,%	3,8	5,2	17,4	36,3	29,8	7,5
Реактивные тяги	N,%	8,2	19,6	22,2	41,1	6,3	2,6
Пневморессоры	N,%	4,5	12,6	26,3	45,5	7,8	3,3

Из таблицы 2 следует, что наибольшее количество случаев нарушения герметичности пневмосистемы подвески, отказов и неисправностей подвески реактивных тяг приходится на пробег с начала эксплуатации от 100 до 400 тыс. км, а регуляторов уровня пола и кранов уровня пола – от 200 до 500 тыс.км.

Восстановление автомобильных деталей сложной формы припеканием порошков

Ярошевич В.К., Гуц А.И.

Белорусский национальный технический университет

Порошковые покрытия эффективно используются для восстановления широкой номенклатуры деталей плоской и цилиндрической формы.

Нанесение покрытий на детали сложной поверхностью (сферической или конической) имеет свои особенности. Для восстановления сферических поверхностей предложен способ электроконтактного припекания, суть которого состоит в следующем. Порошок, подаваемый из бункера на вращающуюся деталь, прокатывают и нагревают роликовым электродом, который перемещается по копиру, расположенному эквидистантно упрочняемой поверхности детали. При этом радиус наружной поверхности роликового электрода больше радиуса восстанавливаемой поверхности на толщину наносимого порошкового слоя.

Для получения покрытий на конических поверхностях порошок размещают на вращающейся планшайбе, по ней под давлением прокатывают деталь с одновременным пропуском импульсного электрического тока. Деталь устанавливают меньшим диаметром d оси вращения планшайбы на расстоянии от нее до торца детали, определяемом из выражения:

$$R = L \cdot D_1 / (D_2 - D_1),$$

где R – расстояние от оси вращения планшайбы до торца детали, мм;

L – длина образующей конической поверхности детали, мм;

D_2 и D_1 – больший и меньший диаметры конической поверхности детали, мм.

Деталь обкатывают по образующей конуса, параллельной планшайбе и пересекающейся с ее осью вращения. За счет такой установки детали относительно планшайбы обеспечивается ее обкатывание по порошковому слою без проскальзывания, что дает возможность получать качественные покрытия с равномерными свойствами на изделиях конической формы.

Для восстановления зубчатых колес, изношенных по наружному диаметру, используется следующий способ. Предварительно во впадинах зубьев размещают упругие элементы с высотой, превышающей глубину впадины, выполненные из эластичного неэлектропроводного материала. Упругие элементы армированы стержнями, соединенными друг с другом. Зубчатое колесо с упругими элементами прокатывают по пластине с размещенным на ней слоем порошка при одновременном пропуске между ними импульсного электрического тока.

**Антифрикционные материалы и узлы из них
для работы без смазки**

Ярошевич В.К., Гуц А.И.

Белорусский национальный технический университет

Подшипники скольжения автомобильных двигателей и других агрегатов изготавливаются из цветных металлов и работают со смазкой. При отсутствии смазки подшипники быстро выходят из строя. Получение антифрикционных материалов, способных работать в режиме самосмазывания, является актуальной задачей, решение которой позволит заменить цветные металлы и значительно повысить долговечность подшипниковых узлов.

Наиболее важным параметром, влияющим на проявление эффекта самосмазываемости, является наличие открытых пор. Способы электроконтактного припекания и напыления не пригодны для получения пористых самосмазывающихся покрытий из-за низкой пористости или значительной доли закрытых пор. Перспективными являются способы индукционного припекания и спекания предварительно напрессованных слоев (на прессе или магнитно-импульсным способом). Магнитно-импульсный способ обеспечивает более равномерную плотность по длине покрытия из-за радиального давления на порошок формирующей оболочки, а при напрессовке на прессе пористость неравномерна по длине.

Для получения порошковых покрытий с равномерной и достаточно высокой пористостью вводят порообразователи – тетрафторбориат аммония (при индукционном припекании) и хлористый аммоний (при магнитно-импульсной напрессовке).

Пропитка пористых покрытий смазкой обеспечивает эффект самосмазываемости, а дополнительная пропитка медью (материалом оболочки, используемой для магнитно-импульсной напрессовки) значительно повышает физико-механические свойства. Наиболее работоспособными (предельное давление до схватывания 13,2–13,8 МПа, интенсивность изнашивания на 25–40 % ниже, чем у железографита) являются подшипники, содержащие порошок железа ПЖ2М, 3 % графита, 15 % меди (заполнившей поры в результате плавления медной оболочки). Для создания пористости в поверхностном слое (на глубину 0,3–0,5 мм) осуществляют избирательное травление меди концентрированной азотной кислотой. По триботехническим свойствам спеченные железографитные материалы, пропитанные медью, в 3–4 раза превосходят литую бронзу ОЦС-5-5-5.

Инженерная и компьютерная графика

Проблемы изучения черчения в средней школе

Астапенко Л.И.

Белорусский национальный технический университет
Политехническая гимназия № 6

На протяжении нескольких лет образование претерпевает значительные изменения, коснувшиеся как высших учебных заведений, так и средней школы, затрагивая программы всех учебных предметов. Нас, как преподавателей черчения, прежде всего интересует именно этот предмет.

Преподаватели высших учебных заведений технического профиля почувствовали всю глубину проблемы, возникшей после исключения черчения из курса средней школы. Предмет «Начертательная геометрия и инженерная графика» является обязательным почти для всех факультетов технических ВУЗов. Этот предмет развивает у студентов такие качества, как пространственное мышление и аккуратность, помимо обязательной программы, а эти качества необходимы любому инженеру.

В наиболее выигрышном положении среди студентов первого курса технических ВУЗов оказались те, кто обучался в лицеях или других учебных заведениях, где предмет «Черчение» был сохранен в учебной программе или преподавался в рамках факультативов. В политехнической гимназии №6 на протяжении многих лет изучался предмет «Введение в техническое творчество», который состоял из разделов «Пространственно-графическое моделирование» и «Инженерная графика», но, к сожалению, сейчас этот предмет исключен из списка изучаемых, а жаль! Ученики политехнической гимназии помимо получаемых знаний приобрели неоценимый опыт общения с преподавателями кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля» БНТУ, которые этот предмет вели в гимназии.

Сегодня многие родители понимают необходимость изучения предмета «Черчение», они говорят об этом на родительских собраниях, пишут заявления на посещение факультативных занятий по черчению для своих детей, но хорошо, если факультатив есть, так как в основном в школах предпочтение отдают другим предметам.

Что же касается учебной программы по черчению, то, думаю, что над ней работают грамотные специалисты, и в результате своей работы они предложат ученикам и учителю сборники для выполнения практических и графических работ. Черчение наконец-то вернули в школу в 2008-2009 учебном году, но, к сожалению, только в 9-е классы со значительным сокращением количества часов. Значит, еще три года ВУЗам придется ликвидировать чертежную безграмотность своими силами.

Графическая подготовка и профилирование курса инженерной графики для горных специальностей

Бушило И.Д., Лукьянович И.Р.*

Белорусский национальный технический университет
Белорусский государственный университет*

Уровень графической подготовки специалистов горного профиля обеспечивается изучением не только горных дисциплин, но и рядом технических дисциплин так или иначе связанных с выполнением графических работ.

Активизация самостоятельной работы студентов по инженерной графике, раздел «Начертательная геометрия» достигается с помощью созданных на ЭВМ обучающих анимационных роликов.

Для студентов горных специальностей в курсе инженерной графики читается раздел горной графики. В нем изучаются особенности выполнения горных чертежей, метод проекций с числовыми отметками, геологические чертежи, чертежи открытых и подземных работ. Студентами выполняется курсовая работа, включающая пересечение плоскостей откосов, изображение горных выработок, построение наглядных изображений сооружений и др.

В обеспечение раздаточным материалом раздела «Машиностроительное черчение» курса инженерной графики проводится работа по подготовке комплекта заданий с учетом профиля специальности. Эскизы деталей, сборочный чертеж, рабочие чертежи деталей, схемы подбираются следующим образом: для специальностей по открытым горным работам – из экскаваторов, бульдозеров, драг, буровых станков; для подземного способа добычи полезных ископаемых – из добычных и проходческих комбайнов, доставочных конвейеров и т.д. При выдаче заданий студент получает информацию о назначении, принципе действия, взаимосвязи отдельных деталей.

Определенные трудности испытывают студенты специальности разработки полезных ископаемых, выполняя эскизы и рабочие чертежи деталей. В учебном плане этой специальности отсутствует дисциплина «Технология конструкционных материалов». Отсутствие знаний о химсоставе, прочности, станках и инструментов затрудняет студентам выбор материалов для деталей изготавливаемых механической обработкой, литых и т.д. Выбор материала происходит механически.

Ощущается необходимость введения какой-то дисциплины, содержащей эти сведения или изменение программы уже имеющейся, но с первого курса параллельно с курсом инженерной графики.

Использование Flash-анимации при чтении лекции по начертательной геометрии в курсе инженерной графики

Бушило И.Д., Лукьянович И.Р.*

Белорусский национальный технический университет
Белорусский государственный университет*

Известно, что чтение лекции ограничено по времени, при этом часть ее затрачивается на воспроизведение чертежей на доске, затем на перечерчивание их студентами. При этом объем, темп лекции, ограничения размеров изображения на носителе (доске) выбирает преподаватель, что не всегда соответствует возможности восприятия некоторой части студентов.

Возврат к некоторым шагам решения задач возможен только в учебнике, но в связи с ограничением бумажного носителя информации студентам трудно проследить последовательность решения. Изменение формы, видимых размеров и цвета изображения позволяет последовательно отобразить анимация.

Компьютерная анимация позволяет избавиться от недостатков традиционных методов обучения. Выбор типа анимации и инструментов его создания определяется степенью интерактивности, средствами воспроизведения, размерами файла и др.

Flash-технология обеспечивает покадровую анимацию с построением промежуточных изображений, возврат на требуемое число шагов, темп, самостоятельное воспроизведение решения задачи студентом.

Известно, что труднее всего привлечь внимание студентов на первые лекции курса (построение проекции точки, линии, плоскостей) ввиду кажущейся их простоты. Поэтому возможность проработать самостоятельно материал лекции, проследить процесс построения чертежа, в нужном темпе, возвращаясь к некоторым положениям лекции, позволяет студентам усвоить ее.

Разработанная программа во Flash соответствует рабочей программе дисциплины и позволяет студенту ввести координаты любых точек, задать прямые (частного и общего положения), выяснить их относительное положение (параллельность, пересечение, перпендикулярность и скрещивающиеся). Видимость точек пересечения подчеркивается цветом. Создание обучающих роликов особенно востребовано для дистанционного образования и библиотек.

Приложения Flash доступны на любых платформах от портативных устройств до настольных компьютеров и телеаппаратуры.

**Анализ организации учебного процесса в соответствии
с разработанной трёхсеместровой программой
дисциплины «Инженерная графика»**

Гиль С.В.

Белорусский национальный технический университет

Комплексная программа изучения дисциплины «Инженерная графика» в течение трёх семестров для студентов МТФ, ПСФ и ФГД и Э была разработана три года назад, и можно оценить её эффективность и результаты внедрения в учебный процесс. Определяющим фактором, конечно, является уровень общего развития и начальной подготовки по основополагающим дисциплинам (математика, геометрия, черчение) первокурсников. Так для студентов МТФ по разным специальностям проходные баллы по результатам тестирования в 2007 году находились в пределах 186 – 210, для 2008 года показатели составили - 125 - 194 балла. Отмечается также слабая психологическая мотивация обучения, отсутствие стремления к получению качественного высшего образования, приводящие к необоснованным пропускам лекционных и практических занятий. Это серьёзные причины возникающих трудностей на первом этапе обучения дисциплины.

Особое внимание в разработанной программе уделено темам «Пересечение поверхностей» и «Виды. Разрезы. Сечения», которые являются главными для первого семестра и составляют основу экзаменационного задания. Для закрепления этих тем в течение семестра выдаётся четыре индивидуальных задания и проводится контрольная работа. На эти темы в программе отводится по 4 лекционных часа с поэтапным разбором типовых задач. Изменен традиционный порядок чтения лекций с тем, чтобы индивидуальные задания выдавались точно в соответствии с календарным планом, без задержек, после соответствующей лекции и закреплении данной темы на практических занятиях в решении аналогичных задач. Такой подход даёт возможность выдать последнее индивидуальное задание в начале декабря. При этом остаётся время на проверку чертежей преподавателем, на доработку и защиту заданий у студентов, получение допуска к экзамену, выполнение контрольных работ для выявления уровня подготовленности по дисциплине и самооценки этого уровня непосредственно самим студентом, решение дополнительных задач к экзамену. И самое главное, это позволяет обеспечить тот необходимый резерв времени на закрепление и осмысление полученных теоретических знаний и практических навыков, формирование и развитие пространственного видения, что особенно существенно для студентов, изучающих дисциплину с низкой начальной подготовкой в первом семестре.

Оптимизация выбора метода нанесения размеров

Джежора С.В.

Белорусский национальный технический университет

Существуют различные методики и рекомендации по нанесению размеров, но на начальном этапе изучения инженерной графики оправданным и достаточно эффективным является геометрический способ образмеривания чертежа.

Нанесение размеров с точки зрения конструкторско-технологических требований, т.е. в зависимости от назначения детали, технологии изготовления и условий ее эксплуатации, точности обработки и т.д. – задача достаточно серьезная даже для опытного конструктора.

Поэтому при изучении начертательной геометрии и проекционного черчения такой подход к решению проблемы не является целесообразным, а в машиностроительном черчении должны изучаться лишь основы конструкторско-технологического способа нанесения размеров на ознакомительном и понятийном уровнях. Последующее углубленное изучение этого метода будет осуществляться в спецкурсах по конструированию, технологии, взаимозаменяемости, метрологии и т.п.

Однако следует признать, что овладение любым из перечисленных методов невозможно без знания и четкого соблюдения норм, установленных ГОСТ 2.307-68 «Нанесение размеров и предельных отклонений». Стандарт устанавливает понятия размерной и выносной линий, размерной стрелки, размерного числа, правила их начертания, взаимного расположения, назначения условных обозначений при нанесении размеров и т.п.

Понятие «чтение чертежа» в инженерной графике подразумевает процесс формирования мысленного пространственного образа предмета по его изображению. Поэтому чем меньше графической информации необходимо собрать воедино, чем логичнее взаимосвязь ее элементов, тем проще и быстрее решается задача по ее прочтению.

Можно сделать вывод о том, что одновременное изучение правил построения изображений и правил нанесения размеров на них с учетом их явной взаимосвязи позволяет повысить качество обучения черчению.

При выполнении проекционных построений простых геометрических форм совместно с нанесением размеров по условию задачи студенты приобретают навыки зрительного узнавания не только самих геометрических образов, но и размеров, их характеризующих, что в последующем процессе обучения облегчает решение вопроса по анализу сложной комбинированной формы, ее изображению и нанесению размеров на чертеж.

3D моделирование геометрических образов при изучении начертательной геометрии*

Белякова Е.И., Ковалёв И.А.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время сокращение количества часов на изучение начертательной геометрии отрицательно влияет на развитие у будущих специалистов пространственного мышления. Становится актуальным более качественное изучение темы "аксонометрические проекции", необходимость создания четких представлений у студента о простейших геометрических телах в пространстве.

В связи с этой проблемой, предлагается создание небольшого, но точно подобранного комплекта методических пособий, представляющих собой качественно выполненные при помощи САПР трёхмерные твердотельные модели. В качестве системы для такой задачи рекомендуется САПР "Компас-3D", так как она имеет несколько преимуществ, а именно:

1. Высокое качество моделирования.
2. Абсолютное соответствие ГОСТ.
3. Быстрота и лёгкость приготовления моделей за счет отсутствия необходимости начальной подготовки.

Систему можно применять, в частности, для подготовки не только пособий, но и составления многообразных тематических заданий и контрольных работ, для перевода в электронный формат ранее имеющихся в "бумажном" варианте методических комплектов.

Учитывая необходимость совместимости с иными САПР, в том числе, с Autocad, в системе "Компас-3D" используется встроенная библиотека обмена данными с электронными документами в форматах dwg и dxf.

Часто перед преподавателями и студентами становится проблема распечатки документов, пособий, в форматах различных САПР на неподготовленных компьютерах. С этой целью полезно будет использовать возможность передачи векторной графики в формат Adobe Acrobat. При этом, никакие элементы, равно как и сама векторная форма записи графических изображений, не теряется. Кроме того, система "Компас-3D" обладает возможностью распознавания данных электронных документов формата pdf и преобразования их обратно в чертёж или объёмную модель.

Таким образом, применяя в своей работе компьютерное трехмерное моделирование, преподаватели не только повысят качество пособий, подготовки, но и повысят интерес студентов к изучению графических дисциплин, в особенности, начертательной геометрии.

* Работа проводилась под руководством канд. техн. наук Зеленого П.В.

Простановка размеров на деталях типа "вал"

Зелёный П.В., Ковалёв И.А.

Белорусский национальный технический университет

При обучении студентов машиностроительному черчению неоднократно приходится сталкиваться с ошибками простановки размеров. Это, прежде всего, следствие того, что такие дисциплины, как технология машиностроения, допуски, посадки и технические измерения, металлорежущие станки изучаются значительно позже инженерной графики. То есть, при столкновении с проблемой правильной простановки размеров и обозначений на чертежах, студент не подготовлен по этим вопросам. Причём, эта проблема зачастую возникает уже во время самостоятельной деятельности специалиста.

В этом случае, будет полезным создание пособий и стендов, показывающих не столько сами правила изображения детали на чертеже, а содержащих технологию изготовления детали, список операций для её получения, виды баз и принципы базирования.

Так как одной из типовых деталей, составляющих большинство конструкций, является вал, то такое подробное изучение технологии будет полезно именно на примере вала. Предлагается подготовка пособия, в котором будут с подробностью до технологического перехода показаны этапы изготовления.

В этом случае, студенту будет наглядно представлена последовательность обработки поверхностей и, соответственно, простановка размеров. Причём, рекомендуется оформление такого пособия в соответствии с ЕСТД.

Отдельным вопросом остается создание четкого представления о базировании, правильном выборе конструкторской базы, ведь для наиболее точного изготовления необходимо, чтобы конструкторская, технологическая и измерительная базы совпадали. В пособии будет полезным также изображение основных станочных приспособлений, применяемых при получении валов.

В рамках этого вопроса рекомендуется также ознакомление студентов с САПР ТП, например, с системой "Вертикаль", учитывая её интеграцию с САПР "Компас-3D".

В заключение хотелось бы отметить необходимость увеличения количества часов на изучение инженерной графики, так как первостепенная важность ее неоспорима, а число вопросов, к решению которых должен быть подготовлен современный инженер-конструктор, в связи с усложнением современных технологий и процессов, неуклонно растёт.

**Особенности начального периода изучения
курса инженерной графики**

Ким Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

В средних школах в большинстве случаев черчение не преподается. Студенты, приступающие к изучению курса инженерной графики, как правило, не имеют даже элементарной подготовки. Именно в этой стадии студент должен получить информацию, позволяющую развивать его пространственное воображение.

Как правило, эта информация начинается с образования комплексного чертежа. Комплексный чертеж достаточно информативен, но его чтение требует определенных навыков. Этим-то и определяется сложность начальной стадии обучения.

По мнению студентов - если на этой стадии удастся научиться, пространственно мыслить, видеть геометрию предмета, то и дальше все идет хорошо. В противном случае это непонимание накапливается и, в конце концов, порождает нежелание работать с чертежом. Использование в процессе обучения моделей элементарных геометрических тел (призма, пирамида, цилиндр, конус и т.д.) позволяет наиболее естественно и понятно для студента обрести способность пространственно мыслить. Иначе говоря, чтобы научить студента воспроизводить геометрический образ по его чертежу, вначале необходимо научить изображать его на чертеже.

Работая без натуральных образцов, зачастую студент просто копирует то, что начерчено на доске, не пытаясь представить себе общую картину. Его внимание концентрируется на том, сколько клеточек и куда нужно отложить. Излагая раздел «Виды» мы используем аксонометрическую проекцию куба, на грани которого проецируется помещенный в него предмет. Использование аксонометрических проекций также является очень эффективным средством, поскольку аксонометрическая проекция представляется студенту более наглядной, чем комплексный чертеж этого же геометрического образа. Иначе говоря, аксонометрическая проекция является промежуточным звеном между объектом и его чертежом.

Таким образом, именно начальная стадия обучения, с учетом вышеназванных обстоятельств является наиболее ответственной и важной. Именно эта стадия должна быть преодолена подобно силе трения покоя. Информация, преподаваемая студентом должна быть простой, доступной, учитывающей уровень подготовленности. В этих условиях наиболее эффективным средством обучения является использование натуральных образов – моделей геометрических образов.

Развитие творчества в графической подготовке

Ким Ю. А.

Белорусский национальный технический университет

Графическая форма общения является наиболее ранней. И это понятно, поскольку именно эта форма общения является наиболее понятной и доступной. Примером такой формы общения людей являются в частности наскальные надписи.

Впервые студенты технических вузов знакомятся с инженерной графикой на первом году обучения, поскольку черчение было исключено из программы обучения в средних учебных заведениях.

Но именно мышление графическими образами является характерным для деятельности инженера. Инженерная деятельность изначально является творческой, поскольку технический объект является результатом интеллектуального процесса, заключающегося в становлении его от идеи в голове, виртуальном моделировании посредством современных компьютерных технических средств до реального технического воплощения и производства готовых к использованию изделий.

При этом часто имеет место следующая схема. Например, человеку ставится вопрос в виде словесной информации. Для получения ответа, человек мысленно создает графический образ объекта, относительно которого поставлен вопрос. Затем проводится сканирование, анализ этого объекта с целью получения необходимой для ответа информации. От того, насколько адекватно составлен этот образ, зависит правильность ответа. Мышление такими графическими образами отличается ясностью и четкостью.

Известен такой пример, когда один мальчик-вундеркинд на вопрос о том, как ему удастся воспринимать такое огромное количество получаемой информации ответил: «Я мысленно раскладываю отдельные разделы получаемой информации в определенные места по дороге в школу. А для воспроизведения повторяю пройденный путь, извлекая информацию». Таким образом, мальчик составлял себе план изложения в виде графических образов предметов, встречающихся ему по дороге. Очень важно научить мыслить студентов таким образом.

Для этого на начальной стадии курса обучения инженерной графике важно, излагая материал, использовать модели простейших геометрических тел, переходя к постепенному усложнению образа, использовать аксонометрические изображения, а также возможности компьютерной графики.

Потребность в творчестве - это также помимо всего прочего и потребность в личностном совершенствовании человека.

**Реструктуризация курса лекций для студентов
с 3- и 4-семестровым сроком обучения**

Киселёв Л.И., Киселева Н.Л.

Белорусский национальный технический университет

В процессе изучения курса инженерной графики для студентов групп с 3- и 4-семестровым сроком изучения курса (АТФ, МСФ, МТФ), во втором и третьем семестрах на практических занятиях изучаются вопросы и выполняются индивидуальные задания по темам: технические формы, соединения деталей (резьбовые соединения). На занятиях для каждой отдельной подгруппы (группы) объясняются темы: изображения (виды, разрезы сечения), соединения деталей (в основном это резьбовые соединения), нанесение размеров. На это затрачивается значительное количество времени, которое более рационально было бы использовать для выполнения индивидуальных заданий под контролем преподавателя.

При сложившемся дефиците времени отведенного для изучения инженерной графики, по нашему мнению, эти темы более рационально было бы объяснить на потоке при чтении лекций. Эти темы очень органично вписались бы в читаемый курс, как продолжение лекций: Точка, прямая, плоскость, винтовые поверхности и т.д.

Это позволило бы раньше, в самом начале изучения предмета начать работу над основополагающими темами курса, что бы дать возможность студентам на более понятных, с практической стороны, темах входить в курс инженерной графики.

У студентов остаётся больше времени на осмысливание и закрепление полученной информации, решение практических задач, лучше развивается пространственное мышление. Одновременно это позволяет более экономно расходовать время необходимое для индивидуальных заданий.

Временной фактор при изучении инженерной графики является очень важным в процессе обучения, особенно с точки зрения получения знаний, необходимых для более качественной подготовки студентов и стабильного закрепления освоенного материала.

Важной является появившаяся возможность уделить внимание темам, которые студенты обычно трудно усваивают. У студентов остаётся время для самоконтроля и самосовершенствования, повышается успеваемость. Всё это способствует развитию технического кругозора.

Действенность такой реструктуризации подтверждает и построение курса лекций для студентов 2-семестровых групп, которое уже давно используется на кафедре.

**Выполнение аксонометрических проекций сборочных единиц
в компьютерном исполнении**

Колешко Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Развитие компьютерной техники, разработка различных программ для выполнения чертежей, обязывают преподавателей использовать их при разработке раздаточного материала к заданиям для выполнения различных чертежей машиностроительного профиля (рабочие чертежи, сборочные чертежи, аксонометрические проекции). Аксонометрические проекции выполняются с четвертными вырезами.

Поэтому при выполнении этих чертежей используются новейшие инновационные технологии выполнения чертежа аксонометрических проекций. Можно использовать различные компьютерные программы (AutoCAD, Проинженер, Solidwerks и др.).

При работе над электронным чертежом стандартных деталей можно использовать библиотеку стандартных изделий. Если ее нет в программе, то создаются стандартные элементы отдельно, а потом устанавливают их по месту на выполняемом чертеже.

Очень наглядно выглядит изображение аксонометрической проекции способом «взрыв-схема». При этом способе очень наглядно выглядят все детали, которые входят в изделие. В аксонометрической проекции изображены детали без четвертного выреза в порядке их сборки.

Недостатком этого метода является возможность применения его при выполнении аксонометрической проекции изделия с небольшим количеством оригинальных и стандартных изделий. Все вышеперечисленное позволяет выполнять чертежи в электронном изображении. Это упрощает размножение раздаточного материала и упрощает публикацию материала для выполнения чертежей машиностроительного профиля.

Построение аксонометрических проекций выполнялись в различных программах. Выбирался наиболее наглядный вариант. Построение аксонометрических проекций в электронном виде требует четкое представление о сборочной единице, ее работе, а также знание стандартов по выполнению аксонометрических проектов.

Выполнение аксонометрической проекции развивает у студентов пространственное воображение.

Рассмотрение и выполнение чертежа по различным программам является базой для выполнения курсовых проектов по другим предметам.

Особенности выполнения сборочного чертежа на компьютере

Колешко Л.А.

Белорусский национальный технический университет

Выполнение сборочного чертежа на компьютере производится в рамках тех же требований стандартов к такого рода чертежам, но технология создания чертежа имеет здесь свои особенности. Чертежи выполнялись в AutoCAD.

Предварительная проработка исходных заданий включает традиционный набор действий:

- знакомство с аксонометрическим рисунком и техническим описанием сборочного узла;

- изучение конструкции каждой составной части изделия;

- определение необходимых изображений для сборочного чертежа;

- выбор рационального масштаба и компоновки будущего чертежа.

При выполнении чертежа на компьютере имеется прекрасная возможность корректировать масштаб изображения и компоновку чертежа. При установке на сборочном чертеже крепежных деталей используется библиотека стандартных изделий. Если ее нет, то сначала изображается требуемый винт, гайка, шайба и т.д. вне сборочного чертежа, а затем переносится к листу сборки.

Для удобства работы и лучшей наглядности при выполнении сборочного чертежа целесообразно использовать многослойную структуру рабочего поля. Располагая каждую деталь узла на определенном слое, да еще используя разный цвет линий, легче осуществлять формирование изображений и их редактирование. Компьютер существенно помогает легко и красиво выполнять любые графические операции.

Но чтобы чертеж получился правильным и технически грамотным, компьютером нужно умело управлять, нужно четко и ясно представлять будущий чертеж. К сборочному чертежу прилагается спецификация, выполненная по ГОСТ 2.108-68. Заполняются спецификация чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-78. Сборочные и учебные чертежи выполняются в курсе «Инженерная графика», а также при изучении других предметов (детали машин или приборов, станки, измерительные приборы и др.). Таким образом, ведется поэтапное освоение вычерчивания чертежей на компьютере.

Чертежи могут быть выполнены не только в AutoCAD, но и в других графических системах, которые предусматривают различные подходы к анализу и синтезу элементов, составляющих чертежи общих видов, сборочные и рабочие чертежи деталей машин и механизмов.

**Методы повышения качества графической работы учащихся лицея
через последовательный учет их успеваемости**

Коноплицкая И.А., Тявловская Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Для того чтобы повысить качество графической работы учащихся в лицее, изучающих инженерную графику, нужно проводить учет их успеваемости систематически и своевременно, выявлять фактический уровень знаний как всего класса в целом, так и каждого учащегося, а также определять, как эти знания они могут применять при решении той или иной задачи.

Учет успеваемости должен состоять из следующих видов:

А) текущий, который проводится непосредственно в процессе урока, он проводится для того для того, чтобы выявить повседневную степень готовности ученика;

Б) периодический, для того, чтобы проверить уровень знаний учащегося, полученный за четверть;

В) итоговый, который нужен, чтобы проверить, на сколько полно освоены весь материал, изложенный в учебной программе, и умение применять его на практике.

Для того чтобы осуществлять все эти виды учета успеваемости, нужно обязательно разработать контрольные работы по всем темам курса, а также письменные контрольные работы, которые помогают определить знания за четверть. Контрольная работа позволит не только определить уровень знаний учащихся, но и даст возможность преподавателям проанализировать ошибки и наметить пути их исправления.

Особое внимание следует уделить работам, которые позволяют осуществлять текущий контроль. Для проведения такого контроля можно использовать карты контроля по каждой теме, например: линии плоскости и т.д. Карты контроля позволяют определить уровень знаний каждого учащегося за 15-20 минут.

Так же необходимо разработать контрольные работы для того, чтобы проверить знания учащихся в течение четверти. Эта контрольная работа должна проводиться в конце каждой четверти и содержать весь материал, пройденный за определенный период.

В конце всего курса обучения нужно провести контроль знаний учащихся за год и проверить, как эти знания они применяют на практике. Эта итоговая работа должна включать весь материал, пройденный за год. Когда будет проведен учет знаний именно таким образом, это позволит улучшить качество знаний каждого ученика отдельно и класса в целом.

Кулага Н.Е.

Белорусский национальный технический университет

Основой в процессе обучения является память, т.е. способность к запечатлеванию, сохранению и последующему воспроизведению (или узнаванию) того, что раньше человек воспринимал, переживал или делал. Основным процессом памяти является считать запоминание, т.к. именно оно обеспечивает полноту и точность последующего воспроизведения, а так же длительность и прочность хранения информации, которое имеет произвольный и непроизвольный характер. Произвольный процесс не направлен на собственно запоминание. Непроизвольное запоминание – это запоминание с предварительной установкой на запоминание чего-то определенного и, как правило, с применением специальных приемов и методов, облегчающих достижение цели. Этот процесс запоминания требует более благоприятных условий (понимания и осмысления) запоминаемого материала, предельной концентрации внимания, тишины, отсутствия отвлекающих и возбуждающих факторов, систематической тренировки памяти и осмысление (повторение) полученной информации.

Механическая память, не связанная с пониманием усвояемого материала – зубрежка (заучивание чего-либо наизусть до автоматизма), так же необходима для успешного обучения. К тому же, она – хороший способ тренировки всех видов памяти.

Сведения, накопленные памятью человека, его знания, опыт (т.е. результат всех видов обучения) реализуется в виде воспроизведения (узнавания) предметов, явлений, событий, связанных с ними, при повторном восприятии. Гораздо сложнее их воспроизвести тогда, когда они обучающимися не воспринимаются.

Различают кратковременную (оперативную) память и долговременную. Оперативная память удерживает сведения о раздражителе (информации) около получаса. Долговременная память наступает при многократном воздействии одних и тех же импульсов (одной и той же или подобной информации) на нейроны мозга и фиксируется в последнем. С течением времени, если такие импульсы не поступают, эта информация «стирается».

Следовательно, для успешного обучения необходимо: создавать условия непроизвольного (намеренного) восприятия информации; в учебных программах предусматривать самую необходимую для дальнейшего обучения многократно повторяющуюся информацию; как можно чаще давать обучающемуся задания, доступные для самостоятельного обучения, которое является наиболее продуктивным.

**О возможности создания унифицированной программы
на кафедре ИГМП**

Кулага Н.Е.

Белорусский национальный технический университет

Инженерная графика – это объединительный курс, состоящий из «Начертательной геометрии» (НГ), «Проекционного черчения» (ПЧ) и «Машиностроительного черчения» (МЧ).

МЧ основывается на первых двух курсах, которые являются алфавитом, позволяющим читать (выполнять) геометрию чертежей изделий, что является конечной целью обучения на кафедре «Инженерная графика».

Задачи, стоящие перед вышеназванными разделами, являются актуальными, но глубина их изучения требует некоторой корректировки по двум причинам:

1. Для умения чтения чертежей изделий любой сложности требуются одни и те же теоретические знания построения изображений не комплексном чертеже.

2. Для приобретения умения и навыков чтения (выполнения) машиностроительных чертежей необходима многократная практика по чтению таких чертежей, причем по принципу – от простого к сложному.

Важным моментом образования является изучение нормативных актов (стандартов ЕСКД) и умение рационального применения их положений при оформлении технической документации на различные изделия по принципу стандартов предприятий и руководствуясь здравым смыслом. Учитывая то обстоятельство, что даже при глубоком знании чего-то, но не повторяющемся многократно в дальнейшем, происходит его забывание. Предлагается темы «Касательные плоскости», «Перпендикулярность», «Сложные разрезы», «Чертеж общего вида», «Эскизы» из программ исключить. Освободившееся время использовать для углубленного изучения таких тем как «Детализирование чертежей общих видов», «Резьбы и резьбовые соединения», «Базирование и базы в машиностроении», «Основные требования к чертежам» (ГОСТ 2.109-73), «Правила упрощенного нанесения размеров отверстий» (ГОСТ 2.318-81).

В программах для студентов, изучающих инженерную графику три или четыре семестра, предусмотреть повторение заданий по теме «Детализирование чертежей общих видов» и оформление чертежей сборочных по этим же чертежам общих видов со всеми упрощениями согласно стандартам. Непременным условием при составлении программ должно быть логическая последовательность тем.

**Применение компьютерного тестирования
в преподавании курса инженерной графики**

Кучура О.Н., Дорогокупец Т.В.

Белорусский национальный технический университет

В курсе инженерной графики в разделе «Проекционное черчение» изучаются следующие темы «Виды, разрезы, сечения», «Нанесение размеров», «Разъемные соединения». Данные темы являются достаточно объемными, требуют много времени при изложении материала, а так как эти темы изучают во втором семестре в рамках практических занятий, то считаем целесообразным часть материала оставлять для самостоятельной проработки студентами. Что в свою очередь способствует формированию навыков анализа нового материала. При этом важное значение имеет правильная организация контроля знаний. Индивидуальный устный опрос по каждой из этих тем требует довольно много времени, а достаточно полно оценить знания по этим темам только по результатам выполнения индивидуального задания невозможно.

Предлагаем на этапе контроля знаний наряду с традиционными методами, такими как устный опрос, контрольные работы, использовать компьютерное тестирование, которое является наиболее эффективным и научно обоснованным способом, широко применяемым в педагогической практике. Тестирования даст возможность быстрого опроса сразу большой группы студентов, уменьшит трудоемкость работы преподавателя и сократит время проверки, исключит субъективный и психологический факторы оценки уровня знаний студентов.

Особенно интересным представляется применение компьютерного тестирования при изучении машинной графики, так как отсутствуют традиционные контрольные работы по вышеуказанным темам, а индивидуальный опрос сведен к минимуму.

Каждый из вариантов предлагаемых тестов содержит десять вопросов с графическими иллюстрациями. Возможен один или несколько правильных ответов. Результаты опроса оцениваются по десятибалльной системе. При компьютерном тестировании возможно при неверном варианте ответа предложить обучаемому студенту теоретический материал по данному вопросу.

С помощью тестовых технологий можно активизировать учебно-познавательную деятельность студентов и повысить их успеваемость. Данная методика позволяет увеличить скорость передачи информации обучаемому студенту, повысить уровень ее понимания, «погрузить» обучаемых в предметную среду.

**Проблема привлечения студентов начальных курсов
к научной деятельности по вопросам инженерной графики**

Лешкевич А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшей составляющей инженерной деятельности является способность специалиста к исследовательской и научной работе. Это особенно актуально сегодня, когда бурное развитие информационных технологий освобождает конструктора от рутинной чертежной работы, предлагает ему различные способы проектирования, предоставляет базы данных, библиотеки стандартных конструктивных элементов, эффективные методики расчетов и испытаний критериев работоспособности деталей машин и механизмов.

На старших курсах технических вузов практически на всех выпускающих кафедрах ведется преподавание основ научной деятельности, введены различного рода факультативы, научные кружки, руководимые ведущими преподавателями, проводятся индивидуальные исследования. Результаты внедряются в учебный процесс, используются в курсовом и дипломном проектировании, публикуются в печати, оформляются в виде патентов и авторских свидетельств.

Несомненно, что чем раньше студент, желающий посвятить себя научно-исследовательской деятельности выразит себя, тем эффективнее и плодотворней будет его учеба. Задача общеобразовательной кафедры помочь студенту сориентироваться, найти область применения сил, совместить желаемое с возможным, научить оформлению результатов и основам публикационной деятельности. Важную роль в этом процессе играют научно-технические конференции различного уровня, конкурсы НИРС, кафедральные кружки по углубленному изучению курсов или отдельных разделов предмета и т.д.

Кафедра инженерной графики машиностроительного профиля БНТУ за последние годы добилась значительных успехов в организации НИРС на первом курсе. Так за последние 5 лет было проведено 6 СНТИ с участием 437 студентов, прочитано 293 докладов, опубликовано 30 работ с участием студентов. Практически все преподаватели кафедры участвуют в НИРС весьма продуктивно. Нередки случаи, когда студенты продолжают научно-исследовательскую работу по кафедре ИГМП будучи уже студентами 3-х и 4-х курсов.

Накопленный опыт организации НИРС на кафедре ИГМП позволяет сделать вывод о том, что студент значительно увереннее чувствует себя в дальнейшей учебе, легче усваивает материал, эффективнее изучает спецпредметы, качественнее выполняет курсовые и дипломные проекты.

Разработка дидактического материала по применению методов начертательной геометрии в решении реальных технических задач

Лешкевич А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Одной из основных проблем современных методик преподавания и инновационных технологий образования является превращение предмета из академического, чисто теоретического, слишком сложного для понимания и восприятия в предмет, приближенный к практике, иллюстрированный примерами жизненными, знакомыми и интересными обучаемому.

Начертательная геометрия занимает особое место в силу особой сложности, понимание которой затруднено еще и тем, что черчение в средней школе было удалено в середине 2000-х годов.

Цель предмета – развитие пространственного воображения можно достичь разными способами – чтением лекций, компьютерной анимацией, практическими занятиями, расчетно-графическими работами и т.д. Закрепление полученных знаний и навыков лучше всего проводить решением реальных технических задач, наиболее характерных для применения методов начертательной геометрии.

Графические способы наглядны, удобны, лаконичны и рациональны, поэтому применялись даже раньше аналитических. Иллюстративность необходима и в теоретической механике, физике, теории машин и механизмов, сопротивлении материалов и других специальных областях знаний.

Составление расчетных схем стало основой графо-аналитических способов; разработка принципиальных схем является началом проектирования, а в ряде случаев, например, в электротехнике и электронике определяет разработку новых узлов. В авиации, астрономии, стратегии, тактике схема, карта является единственным способом выражения и воплощения идеи.

В технике примером могут служить компоновочные задачи с использованием планировок, определение параметров сечений торовых поверхностей при расчетах характеристик шин движителей, определение зон видимости и так называемых «мертвых» зон при проектировании транспортных и боевых машин и механизмов, проектирование оптических приборов, разработки проходческих операций в горном деле.

На кафедре инженерной графики машиностроительного профиля постоянно ведется накопление материалов по реальному применению способов начертательной геометрии с целью создания соответствующих учебно-методических пособий для оптимизации учебного процесса.

**Методические и организационные аспекты разработки
и создания наглядных пособий для учебного процесса
дисциплины «Инженерная графика»**

Марамыгина Т.А., Гиль С.В.

Белорусский национальный технический университет

Прикладная инновационная деятельность каждого педагога должна быть направлена не только на создание методик, но и средств, позволяющих успешно реализовывать современные образовательные технологии. Каждый преподаватель вуза ежегодно обязан вносить свой вклад в совершенствование и модернизацию учебно-методической базы.

На кафедре «Инженерная графика» БНТУ постоянно проводилась работа в данном направлении. Использование компьютерных технологий и обновлённой материальной базы кафедры в последнее время позволило эффективно ускорить этот процесс.

Учебная информация в наглядном виде позволяет максимально активизировать органы чувств обучаемых, стимулировать их работу. При этом очень важно уметь привлечь и акцентировать внимание на нужной информации, тогда достигается значительный образовательный эффект. Создавая наглядные плакаты в электронном виде, мы выходим на качественно новый уровень передачи знаний обучающимся. Учебная информация на плакате наглядна, сжата, легко усваивается и, главное, может быть без затруднений воспроизведена на любом электронном носителе и распечатана в нужном масштабе.

К созданию плакатов возможно и необходимо привлекать студентов, свободно владеющих программным обеспечением и основами компьютерного геометро-графического моделирования. Разработка плакатов существенным образом помогает в формировании программ-презентаций по основным разделам дисциплины. Готовится к печати учебно-методическое пособие по теме «Геометрические построения» с необходимым теоретическим материалом и вариантами индивидуальных заданий. Планируется его использование в учебном процессе и в электронном виде.

Таким образом, мы приходим к созданию структурированных учебно-методических комплексов, которые позволят не только увеличить информативную ёмкость учебного процесса, интенсифицировать и улучшить его качественные показатели, частично компенсировать недостаток часов для аудиторной работы и усовершенствовать восприятие материала, но и повысить уровень управляемой самостоятельной работы студентов в обучении и помочь в адаптации к системе преподавания в вузе, особенно для студентов первого курса.

Помощь студентам в изучении инженерной графики в условиях дефицита учебного времени

Ничиперович Н.М.

Белорусский национальный технический университет

Чтобы помочь студентам и повысить их успеваемость по предмету инженерной графики и начертательной геометрии зав. кафедрой Зеленый П.В. принял решение об организации консультаций в общежитии № 4.

В школе черчение как предмет не изучалось, а во многих случаях и отсутствовало даже как факультатив. А в каждом техническом вузе основой всего обучения является инженерная графика и начертательная геометрия, позволяющая развить пространственное мышление, так необходимое специалистам инженерного профиля, поэтому новый предмет у большинства первокурсников вызвал ряд трудностей.

Получается довольно сложная ситуация: чертежи сдавать надо, но как их делать – не знаешь, и обратиться за помощью не к кому. Вот так и накапливаются неподписанные работы у студентов.

Преподавателям просто не хватает времени на практических занятиях за два учебных урока объяснить каждому всех элементов построения: ведь нужно и тему новую объяснить и чертежи проверить, а деканаты не выделяют часы на консультацию.

Для этого было принято решение об организации консультаций. Но так как в учебной программе нет часов на консультацию, деканат АТФ разрешил их проводить в 4-ом общежитии студентов АТФ (рабочая комната).

Комната оборудована специально для графических работ: парты, хорошее освещение, стенды с образцами заданий и ГОСТами, учебная литература, методички, чертежные инструменты.

Каждый вторник и четверг в определённое графиком время, согласованное с расписанием занятий, в рабочую комнату приходят преподаватели инженерной графики на консультацию к студентам и помогают, объясняют решение задач и выполнение расчётно-графических работ.

Официально на консультацию отводится 2-3 учебных часа, но на практике преподаватели обычно уделяют больше внимания каждому студенту. На консультацию приходят, все кому необходима помощь. Веден журнал учета посещаемости студентами консультаций. Здесь студенты могут прийти и задать свои вопросы преподавателю, выполнять свои домашние задания непосредственно в аудитории под руководством преподавателя, просмотреть образцы выполнения или справочные данные для графической задачи. Это несомненно способствует улучшению качества самостоятельной работы студента.

Методика проверки, приема чертежей. Оценка знаний студентов

Разумова Л.С.

Белорусский национальный технический университет

Курс «Инженерная графика» входит в число учебных дисциплин, составляющих основу подготовки специалистов с высшим инженерным образованием. Этот курс готовит студентов к выполнению и чтению чертежей, развивает пространственное представление, вырабатывает творческий подход к решению задач, воспитывает трудолюбие.

Процесс обучения черчению сложный и длительный. В настоящее время в большинстве случаев при сохранившейся программе по дисциплине, число часов, отводимых на изучение предмета, сократилось. В ВУЗ приходят выпускники средних школ, где курс черчения не изучался, группы зачастую переполнены. В сложившихся условиях очень важны: методическая последовательность курса, методика преподавания, продуманность содержания индивидуальных заданий и их количество. Особое внимание следует уделять системе организации занятий, контролю и оценке знаний.

Качественной подготовки студентов нельзя достичь без систематического учета их работы и ее оценки, особенно в сложившейся обстановке, когда время, отводимое на занятия, не позволяет студентам выполнять задания в аудиториях.

Недостаточный контроль за работой ведет к запаздыванию при выполнении и сдаче чертежей, несамостоятельное их выполнение, что ведет к перегрузке в конце семестра как студентов, так и преподавателей.

Выставление оценок по опросам и запланированным контрольным работам по основным темам улучшает качество работы студентов, особенно важное для студентов первых курсов.

Кроме того, по результатам этих работ, а также учитывая сданные в срок задания, можно выставить наиболее успевающим студентам зачетную оценку, что и стимулирует их работу в семестре. При выставлении оценки большое значение придают работам 2-й части семестра, что позволяет учитывать рост знаний и навыков.

Полностью отождествлять программные работы, без контрольных работ, с зачетными нельзя, т.к. при их выполнении студент консультируется у преподавателя, исправляет ошибки, работает без учета времени.

Зачетная работа должна быть такого объема, чтобы её можно было выполнить за одно занятие, что полностью исключит возможные консультации по зачётному заданию, так как при современном техническом обеспечении студентов скопировать условие труда не составляет. Подобная организация зачёта значительно разгрузит преподавателя.

Организация и введение в учебный процесс кафедр инженерной графики лабораторных работ. Лабораторная работа «Резьбы»

Скачко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Исследованиями различных авторов установлено, что процент эффективности усвоения информации прямо зависит от используемых преподавателями методов. Установлено, что усвоение лекции крайне низкое – 5%. Студент находится в положении пассивного слушателя, необходимость записывать отвлекает внимание. Чтение – самый распространенный метод обучения. Усваиваемость – 10%. Однако само чтение не позволяет достигнуть глубокого усвоения материала. Обучение в подгруппах – 50%. И наконец обучение практической деятельностью дает эффект до 70%.

Поэтому попытка введения лабораторных работ в учебный процесс на кафедрах инженерной графики призвана усилить качество знаний студента. На кафедре инженерной графики машиностроительного профиля БНТУ преподавателями кафедры разработана большая база наглядных средств по теме резьбы. Это и резьбовые соединения нескольких деталей, выполненные в металле и разрезанные так, что просматриваются все болты, винты, гайки в соединении. Это и отдельные индивидуальные задания, их условия и образцы выполнения.

Однако качество усвоения материала студентами кафедру не удовлетворяет. Студентов следует заставить не созерцать детали и резьбовые узлы, а проводить определенные измерения, подсчеты, поиски в справочной литературе, т.е. как было сказано в начале, статьи применить «практику действия».

Целью работы является: по выданным студенту валам выявить тип резьбы, шаг резьбы, направление резьбы (правая, левая), размеры проточек фасок. Иначе говоря, изучить на практике, нарезанные на детали резьбы, выяснив их основные параметры. Планируется выявлять параметры метрической, трубной цилиндрической и конической, а также одной из нестандартных резьб – прямоугольной.

Для проведения лабораторной работы студенту потребуется: штангенциркуль, резьбомер метрический М60°, резьбомер дюймовый Д55°, радиусомеры наружные и внутренние, справочные таблицы. Предстоит также обучить студента пользованию штангенциркулем и снятию показаний с нониуса штангенциркуля.

В заключение хотелось бы напомнить, что авторитет преподавателя в большей степени базируется не на том, что он знает, а на том, что и как он передает студентам.

Оптимизация процесса обучения в условиях значительного сокращения объемов учебных часов на примере курса «Инженерная графика»

Скачко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время уровень подготовки выпускников технических вузов не всегда соответствует требованиям общества, что влечет за собой необходимость «доучивания» или «переучивания» молодых специалистов.

Рассмотрение этих проблем через призму системы образования закономерно потребовало изыскания возможностей оптимизации процесса обучения.

Предмет «Инженерная графика» мы рассматриваем в функции формирования знаний, ориентирующих инженера в практическом решении профессиональных задач. Студенты технических вузов независимо от специальности обязаны как минимум уметь читать чертежи деталей. На факультете информационных технологий программисты изучают курс «Инженерная графика» только один семестр.

Преподаватель должен в курсе лекций дать как теоретические основы начертательной геометрии, так и основы машиностроительного черчения. Поэтому основная конечная цель состоит в следующем: а) научить читать простейшие чертежи общего вида различных приспособлений, устройств, установок; б) научить детализовать эти чертежи.

Автор многократно убеждался при выполнении научно-исследовательских хозяйственных работ по разработке систем автоматизированного проектирования с КАМАЗом (г. Набережные Челны), МАЗом (г. Минск), что программист, читающий чертеж, и программист, не овладевший этим ремеслом, находятся на разных ступенях полезности для работодателя. Поэтому попытки и дальше как-то урезать объем читаемого курса руководством факультета информационных технологий следует считать недопустимыми.

Практическую часть курса следует приблизить к реальным производственным условиям. Введение цикла заданий, формирующих и проверяющих «готовность» студентов к самостоятельной инженерной деятельности следует считать необходимым требованием к построению учебного процесса.

В программе односеместровых групп предусмотрено выполнение индивидуальных заданий по проекционному черчению: резьбовые соединения, эскизы вала и крышки, детализирование нескольких деталей по чертежу общего вида.

**Учет специфики военно-технических специальностей
в преподавании курса инженерной графики**

Толстик И.В., Кучура О.Н.

Белорусский национальный технический университет

С 2003 года в БНТУ военная кафедра университета была реорганизована в военно-технический факультет, на котором осуществляется подготовка офицерских кадров по специальностям: подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (направление - управление подразделениями инженерных войск); многоцелевые гусеничные и колесные машины (направление - эксплуатация и ремонт бронетанкового вооружения и техники); техническая эксплуатация автомобилей (направление - военная автомобильная техника).

В связи с реформой Вооруженных Сил значительно повысились требования к выпускникам военно-инженерных вузов. Они должны быть готовы осуществлять командование подчиненными, уметь принимать самостоятельные решения, иметь активную жизненную позицию, а также обладать инженерными знаниями, умениями и навыками, необходимыми в практической профессиональной деятельности. Успешно справиться с решением этих проблем будущий офицер сможет, лишь имея развитое научное мировоззрение и прочные профессиональные знания, в основе которых лежит система научных взглядов. Инженерной графике, отводится значительное место в системе подготовки военных инженеров, так как без некоторых знаний невозможны изучение других предметов и будущая служба курсантов. Кроме того, ИГ как учебный предмет обладает огромным мировоззренческим, а значит и воспитательным потенциалом, заключающимся, прежде всего, в его межпредметных связях, которые раскрываются в учебном процессе при решении задач из различных предметных областей. Инженерная графика вносит значительный вклад в формирование научного мировоззрения курсантов. Она занимает особое место в системе наук и своими средствами помогает курсантам осознать объективно существующие связи реального мира, проявляющиеся в связях отдельных наук, а, следовательно, и соответствующих дисциплин.

Инженерная графика формирует и расширяет общетехнический кругозор студентов, развивает их техническое, абстрактное и творческое мышление, наблюдательность, пространственные представления, аккуратность, способствует сознательному усвоению смежных учебных дисциплин. Обучение ведется по определенной программе, учитывая специфику военно-технических специальностей, включающей аудиторные занятия под руководством преподавателя.

**О методике преподавания компьютерной графики
курсантам военно-технического факультета**

Толстик И.В.

Белорусский национальный технический университет

На кафедру инженерной графики ложится большая педагогическая нагрузка, так как она раньше других спецкафедр сталкивается с будущими специалистами, вчерашними школьниками, из которых еще предстоит воспитать студентов, овладевающих знаниями.

На кафедре постоянно ведутся исследования по методике преподавания компьютерной графики, разработке и обоснованию новых методов преподавания и их широкое практическое использование в учебном процессе. Компьютерная графика входит в раздел дисциплины «Инженерная графика» и изучается студентами ВТФ в 4-м семестре с параллельным изучением раздела «Машиностроительное черчение». В современных условиях это одно из оптимальных решений совершенствования методов преподавания инженерной графики курсантам ВТФ. В результате изучения дисциплины курсант должен уметь использовать полученные знания при выполнении конструкторских документов с помощью компьютерной графики. Будущие военные специалисты обязаны иметь четкие понятия об основах графических дисциплин, научиться хорошо представлять динамику создания и редактирования чертежей деталей. Правильная организация учебного материала концентрирует их силы и внимание на том, что необходимо знать для рациональной организации изучения курса машинной графики, экономя время на изучение того, что в данный момент не столь важно. Использование технических средств обучения позволяет интенсифицировать учебный процесс, повысить его эффективность, определяемую количеством и качеством усвоенного материала за единицу рабочего времени.

Задания по компьютерной графике согласованы с базисными знаниями студентов и не вызывают излишних затруднений, так как курсанты на компьютере выполняют свои же задания, предусмотренные учебными планами специальностей этого семестра по машиностроительному черчению. Компьютеризация процесса изучения графических дисциплин является основным направлением совершенствования подготовки курсантов на современном этапе. Комплексный подход к решению поставленных задач, при котором каждый предмет служит общей цели подготовки грамотного специалиста с высшим образованием, тесно связан с развитием творческих способностей будущих военных на уровне современного развития.

Развитие пространственного представления

Тявловская Т.М., Коноплицкая И.А.

Белорусский национальный технический университет

Любому технически грамотному человеку понятна важность изучения предмета инженерная графика. Одним из значимых аспектов ее изучения является развитие пространственного представления. Пространственное представление это мысленное воспроизведение формы, величины и расположения в пространстве предметов и их частей. Эти представления могут возникать на основе образа видимого предмета или на основе изображения его на чертеже.

В психологии пространственное представление принято разделять на два вида: образы памяти и образы воображения. Образы памяти отражают предмет в памяти так, как он был воспринят. Образы пространственного воображения являются новыми образами и подразделяются по способу создания на две группы:

1. Образы воссоздающего воображения – те образы, которые могут быть созданы на основе заданного материала или описания, путем мысленной переработки. Например: создание образа предмета по комплексному чертежу, по словесному описанию, построение третьей проекции по двум заданным.

2. Образы творческого воображения – новые образы, создание которых не направляется, не диктуется заданным материалом- чертежом, схемой, словесным описанием. В процессе творческого воображения формируются такие образы, реализация которых на практике приводит к созданию новых материальных и культурных ценностей - новых конструкций машин, новых технологий и т.д.

Пространственное представление играет большую роль в усвоении таких предметов как детали машин, физика, многих спец. предметов. Большое значение играет пространственное воображение и в производственной деятельности, техническом творчестве. Поэтому можно сказать, что развитие пространственного представления очень важно и даже необходимо. И ни одна дисциплина не развивает пространственное воображение так, как это делает инженерная графика.

Успешному развитию пространственного воображения, сознательному, прочному усвоению материала способствуют различные виды задач. Такими задачами являются выполнение чертежа модели по реальной модели. Анализ формы предмета путем мысленного расчленения его на простейшие геометрические тела, определение вершин и точек, лежащих на поверхности тел, выполнение аксонометрических проекций по чертежу.

**Оптимизация контрольных заданий студентов заочников
инженерно-педагогического факультета**

Шевко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Подготовка инженеров-педагогов без отрыва от производства приобретает особую актуальность в настоящее время. Об этом говорит возросшее в последние годы количество желающих получить высшее образование после окончания среднего специального учебного заведения, а также возможность приобрести второе высшее образование, необходимое человеку в результате сложившихся обстоятельств.

В настоящее время инженерно-педагогический факультет БНТУ осуществляет заочную подготовку студентов по квалификации педагог-инженер специальность – профобучение. Абитуриенты должны иметь диплом об окончании среднего специального учебного заведения.

Разрабатывая рабочую программу, мы основывались на том, что студенты окончили технические средние специальные учебные заведения и имеют определенные знания по предмету. Многие из них работают преподавателями спецдисциплин, мастерами производственного обучения в средних профтехучилищах, учебно-производственных комбинатах.

Индивидуальные задания, входящие в контрольную работу, выполняемую студентами, включали следующие темы. Начертательная геометрия – пересечение поверхностей (включая метод посредников), способ замены плоскостей проекций. Проекционное черчение – комбинированное геометрическое тело, сложные разрезы. Машиностроительное черчение – резьбы; соединения резьбовые (как сборочный чертеж); эскизы вала, крышки; детализирование.

С целью усовершенствования содержания контрольной работы студентам были предложены несколько вопросов о соотношении уровня сложности заданий и уровня подготовленности студентов к сдаче экзамена. Около 80% студентов считают, что выполнение контрольной работы соответствует основной цели - успешной сдаче экзамена. 15% студентов ответили, что самостоятельное решение контрольной работы гарантирует высокую оценку на экзамене.

Анализируя мнение студентов, мы пришли к выводу о возможности исключения некоторых тем из заданий (например «Способ вспомогательных сфер»).

Многие студенты-заочники считают необходимым издание методических указаний к выполнению конкретной контрольной работы, в которых приводились бы примеры решения задач.

**Информационно-
измерительная техника
и технологии**

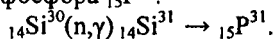
Легирование полупроводниковых материалов методом ядерных реакций

Акулович Н.И., Балцевич Ю.С.

Военная академия Республики Беларусь

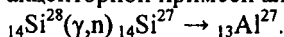
С вводом в действие в Республике Беларусь атомного реактора откроется перспектива развития радиационных технологий в микроэлектронике, одно из направлений которого – трансмутационное легирование полупроводниковых материалов, основанное на превращении атомов полупроводника в примесные атомы при их облучении тепловыми нейтронами, γ -квантами высоких энергий.

Так в результате (n, γ) -реакции на изотопах ${}_{14}\text{Si}^{30}$ образуются атомы мелкой донорной примеси фосфора ${}_{15}\text{P}^{31}$:



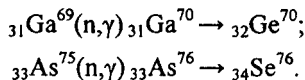
Концентрация вводимой примеси $N({}_{15}\text{P}^{31}) = 2 \cdot 10^{-4} \varphi t$, где φ – интенсивность потока тепловых нейтронов, t – время облучения.

Фотоядерная (γ, n) -реакция на основном изотопе кремния ${}_{14}\text{Si}^{28}$ приводит к образованию мелкой акцепторной примеси алюминия:



Фотоядерная (γ, α) -реакция на основном изотопе кремния приводит к образованию глубокого рекомбинационного центра примеси магния.

В случае облучения тепловыми нейтронами бинарных соединений также возможно их легирование. Так в арсенид галлия (GaAs) вводится примесь германия и селена :



Аналогичным образом в кристаллы InSb вводятся атомы теллура Te и селена Se .

К достоинствам метода трансмутационного легирования полупроводников по сравнению с традиционными можно отнести значительно более высокую степень однородности распределения примесных атомов в кристаллической решётке, а значит, повышенный процент выхода годных изделий, изготавливаемых на основе таких материалов. Введенные при облучении радиационные дефекты могут быть удалены с помощью отработанных методик пострадиационного отжига, в результате которого осуществляется также активация введенных при облучении примесных атомов.

**Функции автономных пожарных извещателей
и способы их реализации**

Антошин А.А., Василевский А.Г., Кирюшин Д.Г., Третьяк И.Б.
Белорусский национальный технический университет

Для защиты людей в жилых помещениях применяются различные пожарные извещатели, которые могут отличаться друг от друга не только принципом работы, но и наличием либо отсутствием одной, либо нескольких функций, используемых для оповещения и/или пробуждения людей в жилых помещениях.

Разработан автономный пожарный извещатель, электроснабжение которого осуществляет источник, расположенный вне корпуса самого извещателя и имеющий возможность обеспечивать электроснабжение автономного пожарного извещателя от сети освещения. В качестве резервного источника электроснабжения применяется перезаряжаемый химический источник тока. Данная схема электроснабжения позволяет снизить вероятность выхода из строя автономного пожарного извещателя вследствие неработоспособности источника тока и соответствует требованиям [1].

Разработана система пожарной сигнализации для жилых помещений на основе автономных пожарных извещателей, которая имеет возможность подключения внешнего свето-звукового устройства оповещения и нескольких извещателей.

Разработан базовый блок управления системой пожарной сигнализации с применением радиоканала. Основным источником питания блока является сетевой адаптор с выходным напряжением 12 Вольт и максимальный ток 1,5 Ампера. В качестве альтернативного источника предусмотрено наличие аккумуляторной батареи, гарантирующей бесперебойную работу в течение не менее 24 часов.

Контроль состояния аккумуляторной батареи и напряжения сетевого адаптора обеспечен схмотехническими решениями с индикацией.

Базовый блок управления производит обработку сигналов автономных пожарных извещателей и в случае необходимости формирует тревожные сигналы на свето-звуковые устройства, которые располагаются по мере необходимости во всех помещениях защищаемого объекта.

Литература

1. СТБ 11.16.02-2007. Государственный стандарт Республики Беларусь. Система стандартов пожарной безопасности. Устройства электроснабжения технических средств противопожарной защиты. Общие технические условия. – Введ. 01.02.08. — Минск: БелГИСС, 2007. – 12 с.

Устройства обеспечения беспроводной связи между удаленными компонентами автономных пожарных извещателей

Антошин А.А., Есипович Д.Л., Василевский А.Г., Кирюшин Д.Г.,
Третьяк И.Б.

Белорусский национальный технический университет

Цель работы заключается в разработке структуры радиоканала, обеспечивающего связь между удаленными компонентами системы пожарной сигнализации в жилых помещениях.

Передача данных через радиоканал осуществляется в одностороннем режиме от извещателя к приемным и контрольным модулям. Односторонний обмен данными значительно сокращает потребление электроэнергии каждым извещателем и тем самым помогает решить проблему электропитания извещателя. Радио интерфейс может использовать два разрешенных частотных диапазона: 434 и 315 МГц. Аппаратно может задаваться несколько видов модуляции.

Структурное решение представлено на рисунке 1.

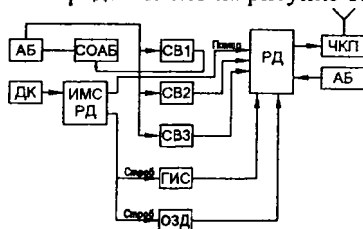


Рисунок 1-Структурная схема устройства обеспечения беспроводной связи
 АБ – аккумуляторная батарея, ДК – дымовая камера, ИМС РД-интегральная микросхема регистрации дыма, СОАБ – схема отключения АБ, СВ1 – супервизор 1 (определяет состояние АКБ), СВ2 – супервизор 2 (выдает сообщение о разряде АКБ), СВ3 – супервизор 3 (выдает сообщение об отключении АКБ), ГИС – генератор импульсов сдвига, ОЗД – одновибратор записи данных, РД – регистр данных, ЧКП- четырехканальный передатчик

Одним из вариантов построения приемно-контрольного модуля является модуль на основе микроконтроллера MC 68PC908GP32 фирмы Motorola, который включает в себя в качестве функциональных блоков радиоприемный модуль на основе микросхемы MC33591/4, внешнюю энергонезависимую память, датчик температуры, индикатор, клавиатуру, звуковой излучатель. К модулю подключается интерфейс сопряжения с RS-232 и интерфейс удаленного управления.

**Подготовка студентов в области телекоммуникаций
и информационной безопасности в БНТУ на базе международных
образовательных интернет-программ "Сетевая академия CISCO"**

Артамонов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Вызов времени требует от специалистов очень высокого уровня подготовки в области современных технологий. Ниже приведены некоторые признаки, как это не казалось бы парадоксально на фоне мирового экономического и финансового кризиса, нарастающего кризиса в области трудовых ресурсов для сектора информационных технологий:

- в настоящее время во многих средних и крупных компаниях существуют незаполненные вакансии в сфере новейших технологий.

- большинство технологических компаний называют нехватку квалифицированных работников IT одним из барьеров, препятствующих их быстрому росту;

- учебные заведения во всем мире начинают сводить воедино ресурсы, имеющиеся в сети Интернет, а сами информационно-коммуникационные сети становятся важным средством повышения эффективности их административной работы и процесса обучения.

- перед учебными заведениями ставится задача дать студентам те знания, которые позволят им достичь профессионального успеха в 21-м столетии.

Разработанная педагогами, психологами и сетевыми специалистами, программа **Сетевой академии Cisco** включает в себя учебные Интернет курсы, практические лабораторные работы, консультации и поддержку преподавателей и обеспечивает подготовку студентов к получению сертификатов международного образца. Использование Интернета для оценки полученных знаний позволяет преподавателям и студентам оперативно и постоянно получать информацию об уровне знаний и навыков, полученных в процессе обучения. Система оценки знаний в **Сетевой академии Cisco**, объединяющая множество интерактивных онлайн-экзаменов и практический опыт, позволяет, с одной стороны, оценивать и совершенствовать процесс обучения, а с другой - укрепляет уверенность студентов и преподавателей в высоких результатах обучения. Далее в докладе рассматриваются технологические аспекты интеграции обучающих программ **Сетевой академии Cisco** в учебный процесс подготовки специалистов на ПСФ БНТУ по специализации «Аппаратно-программные средства защиты компьютерной информации».

**Представление системы разграничения доступа объекта
совокупностью уникальных точек доступа**

Владиминова Т.Л., Стаськевич А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Используя общеизвестные классификации точек доступа (по расположению на контролируемом объекте, способу контроля направления перемещения и т.д.), опыт практической организации точек доступа разной архитектуры, а также опыт проектирования систем контроля доступа осуществлена попытка выделения уникальных точек доступа обеспечивающих организацию систем контроля доступа с разными функциональными требованиями.

Уникальные внешние точки доступа могут быть: «Связанные, ненаправленные с двухсторонним контролем»; «Несвязанные, ненаправленные с двухсторонним контролем»; «Несвязанные ненаправленные с односторонним контролем»; «Несвязанные, однонаправленные с односторонним контролем».

Уникальные внутренние точки могут быть представлены следующими точками доступа: «Связанные, ненаправленные с двухсторонним контролем»; «Связанные, однонаправленные с контролем»; «Несвязанные ненаправленные с односторонним контролем»; «Несвязанные, однонаправленные с односторонним контролем».

Применение уникальных точек доступа рассматривалось относительно таких объектов доступа как «открытая замкнутая территория» и «зона доступа». Интерес представляли такие субъекты доступа как человек и автомобильный транспорт.

При рассмотрении стратегии организации системы контроля доступа с использованием конкретной уникальной точки рассматривались тип используемой системы (сетевая, автономная), функциональные и технические возможности, возможные варианты ее организации, устройства управления (контроллеры), устройства преграждающие управляемые, устройства идентификации, используемое программное обеспечение. Особое внимание уделялось надежности в части санкционированного доступа.

Даются рекомендации относительно наиболее целесообразных способов идентификации и аутентификации субъекта контроля.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании систем контроля и управления доступом.

**Универсальный измерительный преобразователь
для кондуктометрических измерений**

Воробей Р. И., Свистун А. И., Тявловский К. Л., Лукинов К. А.
Белорусский национальный технический университет

При разработке приборов контроля параметров жидких технологических сред необходимо учитывать требование реализации нескольких метрологических задач в одном приборе. Основными метрологическими задачами являются:

- определение типа раствора в трубопроводе при последовательной прокачке 3...4 типов растворов и пищевых продуктов;
- измерение температуры жидкой технологической среды;
- измерение концентрации действующего вещества в водном растворе;
- формирование управляющих сигналов по результату сравнения значений измеренной концентрации раствора и пороговых уставок.

Кроме того, все поставленные задачи должны решаться при использовании нескольких конструктивных разновидностей кондуктометрических и температурных датчиков. При этом все измерения являются телеметрическими, а чувствительный элемент и измерительный преобразователь находятся на удалении от базового блока десятки – единицы сотен метров. Исходя из этого, основной задачей при разработке прибора контроля параметров жидких технологических сред является разработка измерительного преобразователя, способного обеспечивать решение нескольких метрологических задач, причем переключение между ними должно происходить как в автоматическом режиме, так и под действием управляющих сигналов, передаваемых базовым блоком по телеметрическому каналу.

Универсальный измерительный преобразователь для кондуктометрических измерений разработан на основе микроконтроллеров типа Atmel AVR со встроенными АЦП. Испытательные сигналы генерируются методом DSS. Модульный принцип построения измерительного преобразователя и возможность изменения программы позволяет реализовать указанные метрологические задачи при использовании различных датчиков проводимости и температуры, повысить точность измерения, исключить составляющую погрешности в канале связи измерительный преобразователь – базовый блок.

Разработка метрологических моделей фотоприемников, построенных на основе двухбарьерных полупроводниковых структур с глубокими центрами

Воробей Р.И., Свистун А.И., Яржембицкая Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработанные метрологические модели фотоприемников, построенных на основе двухбарьерных полупроводниковых структур с глубокими центрами, позволяют априорно оценивать характеристики погрешностей результатов измерений. В моделях представлены основные этапы преобразования измерительного сигнала и соответствующие им погрешности преобразования. Они включают в себя неисключенные систематические погрешности физических параметров двухбарьерных структур с глубокими центрами (определяемые технологией изготовления) и рабочего эталона длины волны, используемого при калибровке. Случайная составляющая погрешности измерения длины волны и плотности мощности определяется погрешностями используемых измерительных приборов (наноамперметра и вольтметра) и шумами электронной схемы.

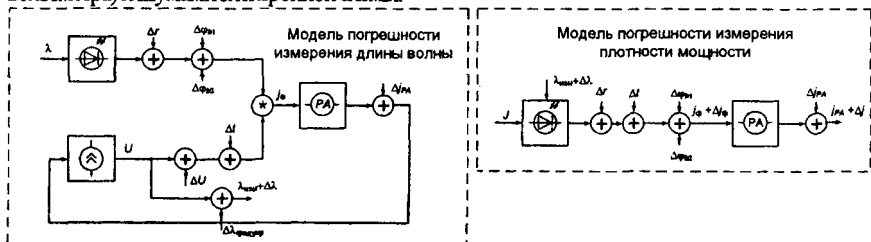


Рисунок 1 – Метрологические модели погрешности измерения длины волны и плотности мощности

Погрешность измерения длины волны в соответствии с моделью (рисунок 1) описывается выражением (1)

$$\Delta\lambda = \Delta U * \Delta j_{\phi} * \Delta j_{b1} * \Delta j_{b2} * \Delta r * \Delta \lambda_{\text{эталон}}, \quad (1)$$

где U – погрешность измерения напряжения; Δj_{ϕ} – погрешность измерения фототока; $\Delta \varphi_{b1}$, $\Delta \varphi_{b2}$ – погрешности значений высоты первого и второго потенциальных барьеров; Δr – погрешность межэлектродного расстояния; $\Delta \lambda_{\text{эталон}}$ – погрешность эталона длины волны.

Погрешность измерения плотности мощности в соответствии с моделью

$$\Delta J = \Delta \lambda * \Delta j_{PA} * \Delta \varphi_{b1} * \Delta \varphi_{b2} * \Delta r, \quad (3)$$

где Δj_{PA} – погрешность амперметра.

Об измерении малых коэффициентов трения качения

Джилавдари И.З., Ризноокая Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время в связи с развитием микро- и нанотехники большое внимание уделяется проблемам измерения трения на малых участках поверхности. В настоящее время измерения коэффициента трения качения проводят в соответствии с ГОСТ 27640-88 маятниковым методом, в котором задают начальную α_0 и конечную α_n амплитуды, подсчитывают число полных колебаний n , совершаемых маятником, и коэффициент трения качения рассчитывают по формуле

$$f_k = \frac{\cos \alpha_n - \cos \alpha_0}{2n(\alpha_0 + \alpha_n)} \quad (1)$$

Данный ГОСТ применяют при измерениях значений коэффициента трения качения f_k , лежащих в интервале от 10^{-5} до 10^{-2} , и амплитудах, больших 70 угл. мин. Здесь характер затухания амплитуды не имеет значения, и это приводит к большой методической погрешности.

В связи с необходимостью исследований трения качения на малых участках поверхности (т.е. при малых амплитудах), нами были проведены исследования трения качения в условиях, когда минимальные амплитуды колебаний маятника достигали всего несколько угловых секунд. Было установлено, что при малых амплитудах колебаний маятника значения f_k , рассчитанные по методике ГОСТа, могут быть меньше 10^{-8} . Поэтому возникла проблема разработки более точного и более чувствительного метода измерения этого коэффициента.

Метод состоит в том, что измеряют не две, а все амплитуды колебаний, и вычисление коэффициента трения качения проводят по формуле

$$f = \frac{A_{mp}}{mgR\Phi}, \quad f = \frac{\Delta W_{nom}}{mgR\Phi} = \frac{l}{R} \frac{\cos \alpha_n - \cos \alpha_0}{\Phi}, \quad (2)$$

где A_{mp} – работа силы трения, Φ – полный угол, заматаемый маятником за время измерения, l – расстояние от точки касания шарика до центра масс маятника. Погрешность оценки коэффициента трения качения составила 0,16%. Формулу (2) можно применять практически для любых законов затухания. Формула (1) является ее частным случаем, когда амплитуда колебаний затухает по линейному закону.

Предложенный метод обеспечивает более высокую точность и чувствительность измерений.

Установка для измерения контактной разности потенциалов методом невибрирующего зонда

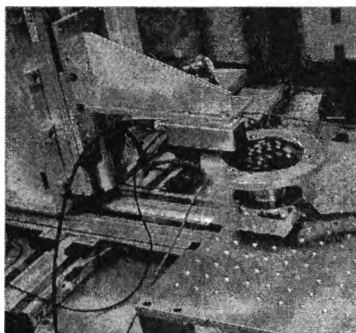
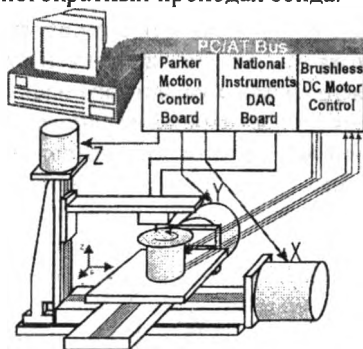
Жарин А. Л., Тявловский А. К.

Белорусский национальный технический университет

Измерения контактной разности потенциалов методом невибрирующего зонда обеспечивают малое время выполнения измерений при большом объеме получаемой информации о состоянии прецизионной поверхности (полупроводниковой пластины, магнитного диска и т.п.).

Вследствие неоднородностей геометрии и распределения потенциала (работы выхода электрона – РВЭ) на поверхности при ее сканировании емкостным зондом будет возникать сигнал. Компьютерная обработка сигнала позволяет получать потенциальные изображения поверхностей.

Разделение геометрической и потенциальной составляющих производится подачей внешнего потенциала (V_{bias}), который влияет только на геометрическую составляющую, оставляя неизменной потенциальную. Для улучшения соотношения сигнал/шум применяется накопление данных при многократных проходах зонда.



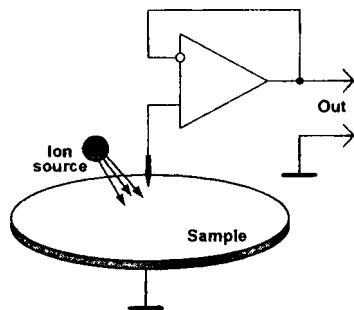
Схематическое изображение и фотография установки приведены на рисунке. В качестве привода вращения предметного столика использован бесколлекторный двигатель от привода винчестера, управляемый микроконтроллером. Для фиксации образца используется вакуумная присоска специального изготовления. Перемещения предметного столика по осям X и Y, а также емкостного зонда по оси Z обеспечивается шаговыми двигателями с прецизионными передачами «винт-гайка». Все элементы установки жестко закреплены на массивном стальном основании.

Ионизационный метод измерения контактной разности потенциалов

Жарин А. Л., Тявловский А. К., Тявловский К. Л., Ананчиков И. А.
Белорусский национальный технический университет

Скрытые дефекты в объектах с проводящими свойствами могут быть обнаружены при анализе пространственных распределений электрического потенциала поверхности – работы выхода электрона (РВЭ). Применение неразрушающих методов контроля позволяет проводить регулирование технологического процесса, оценивать новые технологические решения, отбраковывать приборы со скрытыми дефектами в процессе изготовления, повышая качество и надежность выпускаемых партий изделий; анализировать причины отказов; заменять отдельные виды дорогостоящих технологических обработок. Чувствительность методов измерения РВЭ весьма высока. Один монослой адсорбированных частиц может вызвать изменение поверхностного потенциала на величину порядка 1 В, а инструментальная чувствительность методов измерения РВЭ составляет величину 0,1...1 мВ.

Ионизационный метод электрического потенциала поверхности предложен достаточно давно (Kempick, 1896), но возможность его практической реализации достигнута только в наше время [1]. Под действием контактной разности потенциалов между поверхностями отсчетного электрода и объекта контроля (рисунок 1) происходит разделение заряженных частиц в межэлектродном зазоре и их движение к противоположно заряженным электродам, создавая разность потенциалов, которая может быть измерена измерительным усилителем со сверхвысоким входным сопротивлением. Реализация метода стала возможной благодаря применению операционного усилителя AD 549L с входным током менее 60 фА. Метод не относится к конденсаторным, его метрологические характеристики не зависят от межэлектродного зазора и геометрических размеров отсчетного электрода, и пространственная разрешающая способность метода ограничивается только характеристиками системы пространственного сканирования.



1. Жарин, А.Л. Метод контактной разности потенциалов и его применение в трибологии / А.Л. Жарин. – Мн.: Бестпринт, 1996 – 240 с.

Системы на кристалле как альтернатива микроконтроллерам

Зуйков И.Е., Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Семейство PSoC (Programmable System on Chip) от Cypress представляет множество микросхем, которые объединяют массив блоков-преобразователей смешанных сигналов и микроконтроллер в одном кристалле. Данные устройства разработаны с целью замены нескольких традиционных компонентов микроконтроллерных систем на один, менее дорогой однокристалльный программируемый компонент.

Пакет проектирования PSoC содержит несколько подсистем: редактор на уровне чипа, редактор системного уровня, редактор кода высокого уровня (C51) и редактор кода низкого уровня (ассемблер).

Редактор кода позволяет организовывать процесс программирования с использованием компиляторов языков высокого (язык C51) и низкого уровня. В данном режиме процес программирования подобен процессу для других микроконтроллерных систем. Данные способы требуют от проектировщиков высокой квалификации и опыта программирования подобных систем.

Второй способ организации программного обеспечения это редактор на уровне чипа, который в визуальном виде содержит набор ресурсов, доступных на чипе (цифровые, аналоговые), соединения между ними, а так же подключения с внешними выводами. Процесс программирования сводится к соединению отдельных блоков между собой для решения поставленной задачи. Данный способ используется специалистами, имеющими представление о принципе построения PSoC систем для увеличения наглядности и уменьшения времени создания конечного устройства.

Редактор системного уровня является наиболее наглядный способ программирования. Смысл программирования сводится к выбору из библиотеки необходимых элементов, задание режимов их работы, и выставление задачи о необходимом результате. В итоге редактор самостоятельно создает программное обеспечение для выбранного контроллера и организует схему подключения с учетом всех элементов с предоставлением их характеристик. Данный способ программирования систем на кристалле может использоваться проектировщиками, имеющими начальные представления о принципах программирования

1. PSoC Designer IDE Guide, Document # 001-42655 Rev

2. PSoC Designer IDE ImageCraft Assembly Language Guide, Document #001-44475 Rev.

3. Robert Ashby, *Designer's Guide to the Cypress PSoC™*

Исследование выходных характеристик высокоточных акселерометров

Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д.

Белорусский национальный технический университет

Акселерометры находят широкое применение в автомобилестроении, медицине, промышленном контроле и других приложениях измерения угла крена, сил инерции, ударов и вибрации [1-2].

В этих различных применениях используются акселерометры различного класса точности, включая, например, микромеханические, семейства ADXL фирмы Analog Devices, Inc., и высокоточные кремневые и кварцевые акселерометры (например, российские А-15 и JSD китайского производства). В нашей республике также активно ведутся работы по созданию отечественных высокоточных датчиков ускорения.

Применение таких наукоемких и высокотехнологичных изделий в качестве датчиков при производстве серийных измерительных приборов требует создания средств оценки их точностных и эксплуатационных характеристик для их входного контроля.

С этой целью был разработан макет измерительного стенда на базе АЦП ADS1281/ADS1282.

Разработанный макет измерительного модуля для изучения выходных характеристик высокоточных акселерометров позволил выявить такие важные для разработчика приборов особенности, как время установления рабочего режима (см. рисунок 1).

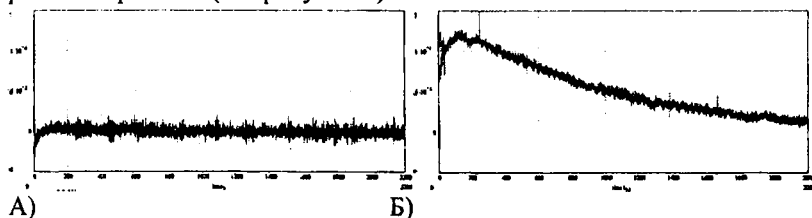


Рисунок 1 – Выходная характеристика акселерометра для нормального (А) и дефектного (Б) образцов

Литература

1. Методы практического конструирования при нормировании сигналов датчиков. По материалам семинара «Practical design techniques for sensor signal conditioning». Перевод выполнен фирмой Автэкс.
2. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – Москва, Техносфера, 2005.

Разработка датчиков сигнализации с применением микросхем PSoC

Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г.

Белорусский национальный технический университет

Одна из специальностей, по которым производится обучение студентов на кафедре «Информационно-измерительная техника и технологии» называется «Техническое обеспечение безопасности». Это – особая разновидность информационно-измерительной техники, которая предполагает, прежде всего, умение самостоятельно проектировать разнообразные приборы систем сигнализации и обеспечения безопасности. Не подлежит сомнению, что новизна конкретного технического решения в данной области в значительной мере определяет успех их целевого применения. Так, например, существование множества жизнеспособных систем автосигнализации [1] объясняется, прежде всего, именно этим.

В рамках учебного курса «программируемые цифровые устройства» для студентов старших курсов (четвертого и пятого) данной специальности одной из типовых тем для курсового проектирования является создание конкретного охранного устройства для помещения, либо транспортного средства. Студенту дается задание разработать электрические схемы и программные алгоритмы его работы.

Традиционно в качестве основного элемента такой схемы предлагается использовать микропроцессор какого-либо популярного семейства: MCS-51, PICmicro, MSP-430 и т.д. На сегодняшний день логически правильным решением, позволяющим решить эти проблемы в проектировании и производстве охранных приборов, является переход на более современную элементную базу, в частности на микросхемы класса «программируемые системы на кристалле» [2].

В этом случае практически вся схема конкретного охранного прибора оказывается реализованной в одной микросхеме, что резко повышает как надежность всего прибора в целом, так и его защищенность от анализа и поиска в нем различного рода уязвимостей.

На базе оценочного комплекта CY3210-PSoCEval можно разрабатывать полноценную охранную или измерительную систему, что и предлагается сегодняшним студентам.

Литература

1. Автосигнализации ОТ А ДО Z – СПб: Наука и Техника, 2002.
2. Ashby R. Designer's Guide to the Cypress PSoC. – Elsevier, 2005.

Имитационная модель системы на основе КЛ, работающей в режиме пошаговой компенсации

Исаев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Кольцевые лазеры (КЛ) получили широкое распространение в метрологии и навигации в качестве прецизионных датчиков угловых перемещений. Одно из направлений их совершенствования – введение пошаговой компенсации.

Для уменьшения стоимости разработки системы измерения параметров угловых перемещений объекта, было предложено на этапе проектирования использовать имитационное моделирование на основе электрических схем.

Для этого моделирование системы была поделено на два этапа: 1 - создание имитационной модели оптической части измерительной системы [1]; 2 - создание имитационной модели системы на основе КЛ, работающей в режиме пошаговой компенсации и определение ее характеристик.

Предложенная система работает в двух режимах. Первый предполагает работу при подаче на имитационную модель небольших по времени и амплитуде внешних сигналов, имитирующих перемещение на малые углы. Во втором режиме на вход системы подается сигнал достаточно большой длительности (уровня), и на выходе интегрирующего блока появляется ряд импульсов, длительность и полярность которого зависит от приложенного внешнего сигнала. Полученные зависимости имитационной модели соответствуют данным, получаемым при использовании реальной системы.

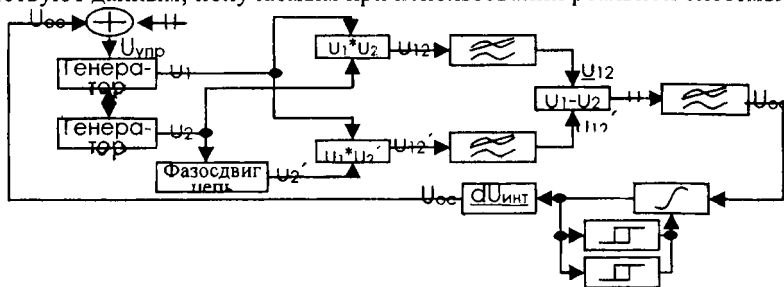


Рисунок 1 - Функциональная схема имитационной модели

1. Имитационное моделирование кольцевого лазера. – Зуйков И.Е., Исаев А.В. // Материалы международной конференции «Приборостроение 2008».
2. Байбородин, Ю.В. Основы лазерной техники / Ю.В. Байбородин. – Киев: Вища школа, 1981, 408 с.

Генератор разностной частоты на кристалле CdSe

Кондратюк Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Традиционным и результативным способом получения когерентного излучения в спектральных диапазонах, не освоенных лазерами с необходимыми энергетическими параметрами или КПД, является параметрическое преобразование частоты лазеров методами нелинейной оптики. При накачке монохроматическим излучением они способны перекрыть большие спектральные участки, и даже целые спектральные диапазоны. Сложная ситуация сложилась при освоении среднего ИК диапазона от 10мкм до 20мкм. Для получения генерации в этой области могут быть использованы генераторы разностной частоты (ГРЧ) на основе кристаллов CdSe, которые прозрачны в области от 0,6мкм до 25мкм.

В настоящей работе сообщается о результатах экспериментальных исследований (ГРЧ) на основе кристаллов CdSe с накачкой излучением параметрического генератора света (ПГС) на кристалле КТР.

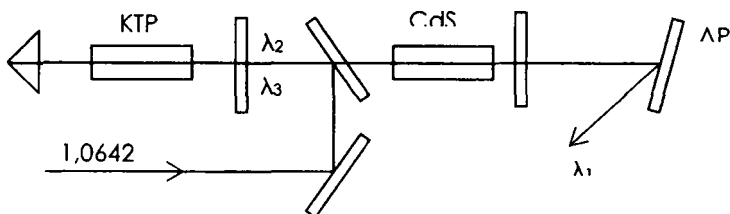


Рисунок 1. Экспериментальная схема ГРЧ на кристалле CdSe

При накачке излучением с $1,064$ мкм ПГС на кристалле КТР генерировал сигнальную ($1,925 \dots 2,005$ мкм) и холостую ($2,268 \dots 2,380$ мкм) волны с суммарной энергией импульсов до 40 мДж и длительностью ~ 10 нс. При диаметре излучения накачки $\sim 4,2$ мм интенсивность импульсов накачки ГРЧ достигала 30 МВт/см².

В ГРЧ использовался кристалл CdSe длиной 50 мм, вырезанный в направлении синхронизма $\theta_c = 73^\circ$. ГРЧ генерировал перестраиваемое излучение в области от 10 мкм до 17 мкм с энергией импульсов $0,3$ мДж и $0,02$ мДж, соответственно на краях диапазона перестройки.

Термографическая экспресс-диагностика патологии сердечно-сосудистой системы у спортсменов высокой квалификации

Куклицкая А.Г., Олефир Г.И., Матюшевич Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Для всех спортсменов высокой квалификации характерно наличие ряда органических изменений в строении сердца. Симптомокомплекс «спортивное сердце» включает, в частности, гипертрофию миокарда и дилатацию левого желудочка. При интенсивных физических нагрузках симптомокомплекс может перейти в патологическую форму, сопровождающуюся пролапсированием клапанов и дисфункцией проводящей системы сердца. Своевременная диагностика перехода гипертрофии миокарда в патологическую форму является чрезвычайно актуальной задачей спортивной медицины.

Предлагаемая методика экспресс-диагностики перехода гипертрофии миокарда в патологическую форму основана на анализе тепловой картины в рефлексогенной зоне Захарьина-Геда (ЗГ) сердца, расположенной левее и выше анатомической проекции органа. При симптомокомплексе «спортивное сердце» в зоне ЗГ сердца наблюдается гипотермия.

Теоретически гипотермичное состояние зоны ЗГ может быть объяснено тем, что артерия, питающая кожу и подкожные ткани в зоне ЗГ, обеспечивает коллатеральное кровоснабжение гипертрофированного миокарда, восполняя относительную недостаточность его кровоснабжения коронарными артериями в случае интенсивных физических нагрузок.

Экспериментальные исследования теплового баланса в зоне ЗГ сердца у группы спортсменов высокой квалификации (23 человека в возрасте 17-25 лет) показали, что умеренная, с градиентами температуры не более -1°C гипотермия отмечается у абсолютного большинства спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (плавание, гребля, велосипедный спорт), причем градиент увеличивается при значительном перерыве в тренировках. У спортсменов, занимающихся видами спорта, не требующими такой высокой выносливости (игровые виды, борьба, гимнастика) гипотермия в зоне ЗГ не отмечается.

Патологическая гипертрофия миокарда с нарушениями функции клапанов и проводящей системы диагностирована у одного из четырех пловцов, у двух из трех гребцов. Наличие симптомокомплекса «спортивное сердце» подтверждено ультразвуковым и кардиографическим методами. В зоне ЗГ сердца у всех отмечалась глубокая гипотермия с градиентами температуры, достигающими -2°C .

Определение параметров столкновительно-уширенных линий переходов $[10^0, 02^0]_{I, II} - 00^0$ молекулы CO_2 с помощью перестраиваемого CO_2 -лазера

Невдах В.В.

Белорусский национальный технический университет

Молекулы углекислого газа активно участвует в процессах теплового баланса атмосферы, фотосинтеза и сгорания органических топлив, а также являются рабочими молекулами CO_2 -лазеров и поэтому являются объектом разносторонних исследований. Считается, что в спектроскопии молекула CO_2 уже стала «тестовой» молекулой. В то же время, ряд задач, связанных с определением спектроскопических параметров для линий различных переходов молекулы CO_2 , все ещё остаются нерешенными.

В работе представлена методика определения вероятностей спонтанного излучения и столкновительных ширин линий перехода $[10^0, 02^0]_{I, II} - 00^0$ молекулы CO_2 по результатам измерений КП при малом давлении P_D , когда контур линии поглощения доплеровский – α_D и при давлении P_L , когда контур линии поглощения столкновительно-уширенный (лоренцевский) – α_L , с использованием в качестве источника излучения стабилизированного по частоте перестраиваемого CO_2 -лазера.

Коэффициент Эйнштейна для спонтанного излучения A определяется по измеренному α_D при $P_D=1$ Торр.

Столкновительная ширина линии поглощения молекулы CO_2 при давлении 1 Торр γ_C , или коэффициент столкновительного самоуширения определялся по отношению α_D/α_L из выражения

$$\gamma_C = \frac{2\alpha_D}{\pi\alpha_L P_D F_D(0)}, \quad (1)$$

где $F_D(0)$ – форм-фактор в центре доплеровской линии поглощения.

Величины относительных коэффициентов столкновительного уширения линии буферными газами N_2 b_{N_2} и He b_{He} могут быть определены по результатам измерений КП в чистом CO_2 α_{CO_2} и в бинарных смесях $\text{CO}_2:\text{N}_2$, $\text{CO}_2:\text{He}$ α_{CO_2-M} с $P_{\text{CO}_2} : P_M = 1 : Y$ при давлении, например, $P_2=100$ Торр из выражения

$$\alpha_{\text{CO}_2} / \alpha_{\text{CO}_2-M} = 1 + Y b_M. \quad (2)$$

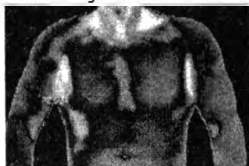
Для повышения точности определения b_M проводятся многократные измерения КП с одной смесью.

Термографическое тестирование уровня тренированности спортсмена

Олефир Г.И., Куклицкая А.Г., Колибаба М.О., Матюшевич Е.Г.
Белорусский национальный технический университет

При организации тренировочного процесса для правильного выбора типа выполняемых упражнений, степени нагружения и методики тренировки, необходимо учитывать уровень тренированности спортсмена. Предлагается тестировать уровень тренированности по поверхностному термоотклику организма в целом и выбранной группы мышц на физическую нагрузку.

На группе из 8 человек с различным уровнем физической подготовки исследована динамика термоотклика бицепса на выполнение сгибания и разгибания в локтевом суставе в течение минуты в среднем темпе с нагружением 1 кг. Результаты исследования представлены на рисунках.

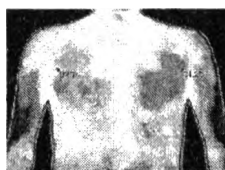


а) до нагрузки

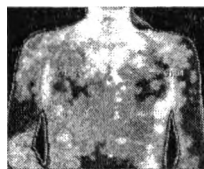


б) через 1 минуту

Рисунок 1 Термоотклик на нагружение бицепса мастера спорта по гребле.



а) до нагрузки



б) через 1 минуту

Рисунок 2 Термоотклик на нагружение бицепса нетренированного человека

Приведенные термограммы свидетельствуют о различной тепловой реакции нагружаемой группы мышц спортсменов высокой квалификации и нетренированных лиц. Для спортсменов характерно умение правильно формировать динамическую осанку и нагружать только выбранную группу мышц. Низкий уровень тренированности отличается неумением правильно распределять физическую нагрузку по группам мышц.

Методика использования специальных тренажеров в подготовке спортсменов-тяжелоатлетов

Полховский С.А., Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет

Важную роль в процессе подготовки спортсменов высокой квалификации является методика скоростно-силовой подготовки. Наряду с обновлением спортивных рекордов должное внимание необходимо уделять средствам измерений параметров опорных реакций спортсмена для усовершенствования методов подготовки спортсменов высокой квалификации к международным соревнованиям. Для современного этапа характерно оснащение тренажерных устройств различными приспособлениями, позволяющими получать качественные оценки выполняемых упражнений. Эспресс-анализ обеспечивают возможности для реализации в массовом порядке общих схем обучения движениям при индивидуальном подходе к каждому занимающемуся.

Проектируемая система измерения опорных реакций представляет собой тяжелоатлетический помост со встроенной тензометрической платформой. Тензометрическая платформа имеет размер $2,5 \times 2,5$ м с рабочей площадью 2×2 м. Конструкция платформы состоит из рамы, находящейся на четырех тензобалках, покрытой сверху буковой фанерой. Таким образом, общий вес платформы в рабочем состоянии составляет около 200 кг. Платформа регистрирует усилия по 3 взаимно перпендикулярным осям. Запись значений вертикальных усилий и горизонтальных усилий обеспечивается благодаря тому, что сконструированная балка имеет изгиб, обеспечивающий запись горизонтальных усилий по двум направлениям. Тензометрические мосты составляются отдельно для каждого направления действующих сил, и затем производится последовательное суммирование сигнала на выходах. Благодаря этому обеспечивается точность при уравнивании отдельных измерительных мостов. Чтобы обеспечить требуемую точность записи горизонтальных усилий независимо от точки их приложения, необходимо минимизировать крутящий момент. Эта задача была решена за счет расположения тензоэлемента, имеющего ширину 10 мм с базой $L=400$ Ом.

Основные отличия проектируемой системы измерения опорных реакций тяжелоатлета:

- запись значений опорных реакций тяжелоатлета при выполнении упражнений с естественной амплитудой движений в любых динамических ситуациях;

- независимость показаний от места приложения усилий;
- требуемая точность регистрирующей части.

УДК 621.383.92

Взаимодействие источников и приемников излучения в измерительных преобразователях

Сергеев В.И.

Белорусский национальный технический университет

Использование оптоэлектронных принципов при преобразовании электрических сигналов во входных цепях измерительной аппаратуры обеспечивает высокую помехозащищенность каналов оптической связи. Это дает возможность успешно решать задачи повышения чувствительности, разрешающей способности и надежности измерительных приборов.

Основным оптоэлектронным элементом преобразователя является оптрон. Использование фоторезисторных оптронов по сравнению с другими типами характеризуется более высоким уровнем чувствительности, динамическим диапазоном изменения сопротивления, линейностью и меньшим уровнем помех. Обеспечение предельных значений характеристик оптоэлектронных преобразователей требует уменьшения паразитной электрической связи между источником и приемником излучения через емкость развязки $C_{разв}$. Это обеспечивается увеличением расстояния между ними. При этом снижается эффективность преобразования.

Емкость фоторезистора имеет наименьшую величину по сравнению с другими типами фотоприемников. В этом случае при той же $C_{разв}$ и уровне входного сигнала оптрона величина паразитного электрического сигнала будет наибольшая и достигает десятых долей вольта. Последнее обеспечивает определенный вклад в общий коэффициент передачи по току оптрона. Возрастает вероятность ложного срабатывания устройства. Результаты анализа показывают, что электрическая паразитная связь в оптроне при уровне входного сигнала 1В характеризуется импульсной помехой от десятых долей мкВ до десятков мкВ при изменении $C_{разв}$ от 10^{-4} до 1 пФ.

Время достижения максимума электрического паразитного сигнала зависит от емкости источника излучения и сопротивления фотоприемника, увеличение которых снижает влияние паразитного электрического канала на передачу информации в оптоэлектронных цепях. Последнее можно представить как сдвиг фазы паразитного электрического сигнала относительно информационного, проходящего по оптическому каналу в сторону их сближения.

Метрологические проблемы в проектировании спортивных тренажеров

Хорлоогийн А.С., Гусев О.К.

Белорусский национальный технический университет

Управление тренировочным процессом – система воздействий на спортсмена с целью перевода его с одного (исходного) уровня спортивной подготовленности на некоторый заданный другой уровень для достижения намеченных спортивных результатов. Чтобы управлять тренировочным процессом, полностью контролируя весь тренировочный макроцикл, нужно получать информацию о ходе и результатах выполнения тренировочных и соревновательных упражнений, о состоянии спортсмена, об окружающих условиях. Это информация обратной связи. Без нее невозможно управление сколько-нибудь сложной системой, процессом.

Параметры подготовленности спортсменов в зависимости от характера решаемых педагогических задач классифицируются по следующим признакам: по характеризующим показателям, по способу выражения, по количеству характеризующих показателей, по применению для оценки.

Оценка метрологических показателей осуществляется при использовании технических средств измерений. Получаемые при обследовании спортсменов результаты зависят от нестабильности свойств спортивной подготовленности, погрешностей измерений, психических факторов (мотивации, готовности спортсмена), параметров внешних воздействий факторов и других причин. Чаще всего перечисленными факторами, кроме погрешностей измерений показателей спортивной подготовленности или средств измерений, пренебрегают. В этом случае результатам обследований приписывают погрешности средств измерений. При этом результаты обследований и результаты измерений при обследованиях совпадают.

В типовых программах комплексных обследований спортсменов используют следующие метрологические показатели результатов измерений: точность, правильность, повторяемость (сходимость), воспроизводимость и достоверность.

Перечисленные показатели результатов измерений уточняются при аттестации методик выполнения измерений и нормируются, как правило, пределами допускаемых значений. Требуемые значения точностных показателей результатов измерений, закладываемые в методику выполнения измерений, должны обеспечиваться при обследованиях правильным выполнением операций и применением технических средств, а также соблюдением условий обследований спортсменов.

Инжекционная зависимость подвижности носителей заряда при перезарядке глубоких примесей

Шадурская Л.И., Юнчик А.А., Яржемицкая Н.В.
Белорусский национальный технический университет

Основой практической использования перезаряжаемых светом и электрическим полем структур может быть информация о количественном изменении времени жизни и подвижности неравновесных носителей заряда. С целью анализа подвижности в широком диапазоне уровней возбуждения и концентраций центров (в том числе многозарядных) в данной работе использовалась неравновесная стационарная статистика рекомбинации.

Суммарная подвижность, соответствующая трем зарядовым состояниям примеси меди в германии, имеет вид:

$$\mu = \frac{AC}{Af_0 + C(f_1 z_{-1}^2 \ln(\frac{B}{f_1}) + f_2 z_{-2}^2 \ln(\frac{B}{f_2}))},$$

где f_0 , f_1 , f_2 – неравновесные стационарные функции заполнения, определяющие вероятность нахождения ионов меди в зарядовых состояниях -1 , -2 , -3 соответственно; A , B , C – определяются температурой и параметрами полупроводника, не зависящими от уровня возбуждения.

На рис. 1 показана расчетная зависимость подвижности неравновесных носителей заряда от уровня возбуждения в германии, легированном медью.

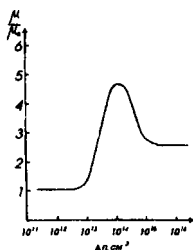


Рис. 1. Зависимость относительного изменения подвижности носителей заряда от уровня возбуждения при рассеянии на ионах меди в германии n – типа ($N = 2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$)

Германий, компенсированный медью, обладает в сравнении, например, с Ge(Au) большими по абсолютной величине временами жизни носителей заряда, что при прочих равных условиях обеспечивает ему более высокие значения коэффициента внутреннего фотоэлектрического усиления G .

**Метод измерения параметров
глубоких центров в полупроводниковых структурах в условиях
сильного электрического поля**

Сопряков В.И., Пастухова О.В.

Белорусский национальный технический университет

Применение приборных структур, например р-п-переходов в качестве объектов для контроля и измерения параметров глубоких центров в полупроводниках имеет важное значение для технологии электронных приборов и полупроводникового материаловедения. Точным "дозиметром" примесных и дефектных центров с глубокими уровнями может служить емкость р-п-перехода или иной структуры с потенциальным барьером.

В материалах с концентрацией мелких примесей $10^{15} \dots 10^{16} \text{ см}^{-3}$, широко применяемых в производстве интегральных микросхем, полупроводниковых и светоизлучающих приборов, напряженность электрического поля (ϵ) в области р-п-перехода изменяется в диапазоне от $1 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^5$ В/см. В таких условиях, вследствие дисперсии параметров глубоких уровней в сильном электрическом поле резкого р⁺-п-перехода, распределение времени релаксации заполнения глубокого уровня (τ) по координате является неоднородным, а кривая изотермической релаксации емкости имеет сложную мультиэкспоненциальную форму.

В настоящей работе было найдено решение уравнение Пуассона при неоднородном распределении ионизированных примесей и получено выражение для релаксационной кривой

$$\Delta C_{\text{отн}}(t) = (1 - k^2)^{-1} \sum_{n=1}^N A_n \exp(t / \tau_n),$$

где $\Delta C_{\text{отн}}$ – изменение емкости, нормированное на единицу при $t = 0$; $k^2 = [V_k/V + V_k]^{0.5} \cong h_0/h$; v – обратное напряжение на переходе, V_k – контактная разность потенциалов; h_0, h – ширина перехода при нулевом и обратном смещении, N – число слоев в области термической эмиссии, $A_n = [(1 - k)/N][2k + (2n - 1)(1 - k)/N]$.

Релаксационные кривые рассчитывались при различных значениях обратного напряжения на переходе для линейного распределения $\ln(\tau) = f(\epsilon)$. Полученные результаты позволяют графическим или численным методом связать измеряемое значение τ с определенным значением ϵ и исследовать электрополевые зависимости термической энергии активации глубокого центра и сечения захвата носителей заряда, что позволяет сделать выводы о природе потенциала глубокого центра.

Конструирование и производство приборов

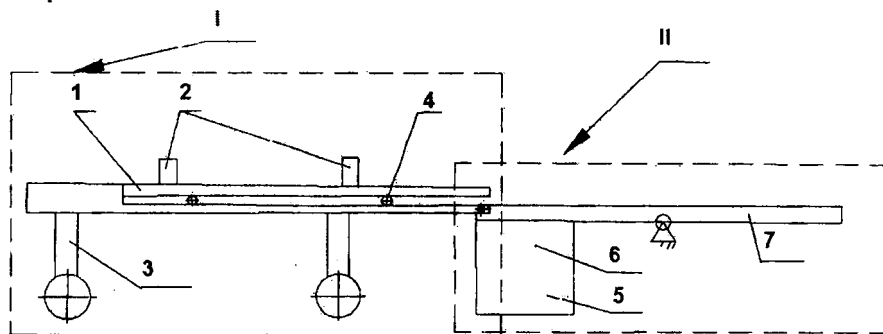
Устройство для подводного вытяжения позвоночника и его эффективность

Есьман Г.А., Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Подводное вытяжение позвоночника сочетает физическое воздействие воды (пресной, минеральной, морской) с приемами тракции, причем на каждый отдел позвоночника можно воздействовать определенной нагрузкой, которую задает лечащий врач. Действие воды ($36-37^{\circ}\text{C}$) на нервные волокна способствует снижению тонуса поперечнополосатой мускулатуры, вследствие чего устраняется деформация или контрактура.

Устройство для подводного вытяжения позвоночника, представленный на рисунке, состоит из мобильной I и стационарной II частей. Мобильная часть I состоит из стола тракционного 1, элементов крепления пациента 2, тележки 3, роликов 4 и др. элементов. Стационарная часть II снабжена панелью управления 5, устройством подъема/опускания 6, рамой 7 с направляющими качения.



Устройство для подводного вытяжения позвоночника

При проведении процедур по подводному вытяжению позвоночника пациента помещают на стационарную часть I, где его положение фиксируют с помощью соответствующих элементов 2 крепления и задают нагрузку с помощью механизма силоизмерительного, величина которой устанавливается лечащим врачом. Далее состыковывают стационарную II и мобильную I части. Стол 1 тракционный с пациентом перекатывают с устройства подъема/опускания 6 стационарной части II. Затем с помощью привода стол тракционный 1 с пациентом поворачивают на определенный угол в зависимости от вытягиваемого отдела позвоночника.

Коррекционное воздействие механотерапии на позвоночник

Есьман Г.А., Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Механотерапия является одной из форм лечебной физкультуры, представляющей собой систему функционального лечения с помощью различных устройств и снарядов.

Упражнения оказывают влияние на тот или иной отдел позвоночника и могут быть дозированы в отношении амплитуды движения, силы сопротивления и темпа при помощи специальных приспособлений.

Основными показаниями для применения механотерапии являются заболевания периферических нервов и функциональные расстройства нервной системы – радикулиты, полиневриты, невралгии, неврастения (вис фазы обострения).

Одним из видов механотерапии является тракционная терапия, осуществляемая посредством вытяжения позвоночника: надводного (шейный и грудной отделы) и подводного (поясничный и крестцовый отделы).

Вытяжение позвоночника используется при различных заболеваниях (остеохондроз, сколиоз, радикулит и других рефлекторных, корешково-спинальных неврологических проявлений вне стадии обострения). Лечебный эффект достигается путем длительной, плавно нарастающей тяги адекватными грузами.

Подводное вытяжение позвоночника сочетает физическое воздействие воды (пресной, минеральной, морской) с приемами тракции, причем на каждый отдел позвоночника можно воздействовать определенной нагрузкой, которую задает лечащий врач. Действие воды (36-37°C) на проприоцепторы (концевые образования чувствительных нервных волокон) способствует снижению тонуса поперечнополосатой мускулатуры, вследствие чего устраняется деформация или контрактура.

При этом у многих больных прекращается корешковая боль, устраняется «функциональный блок» межпозвонковых суставов, в ряде случаев происходит «всасывание» грыжи дисков, над которыми натягивается задняя продольная связка. Растяжение положительно влияет на фиброзные и мышечные ткани.

При проведении процедур нагрузка может быть как статической, так и динамической.

Механотерапия является одним из вспомогательных средств лечебной физической культуры, а также обеспечивает более полное и разностороннее физиологическое действие на организм больного.

**Построение сенсорной характеристики по критерию
«ложная информация»**

Зайцева Е.Г., Протас О.И.

Белорусский национальный технический университет

Наличие ложной информации, возникающей при наличии дискретизации в системе передачи, может привести к принятию неправильного решения и, следовательно, привести к созданию изделия, имеющего дефект. Для оценки ложной информации при расчете информационной плотности рационально использовать разность между АЧХ сигнала в системах «объект – зрительный анализатор человека» и «объект – цифровая система записи и воспроизведения - зрительный анализатор человека». Необходимо сопоставить предложенный информационный критерий и субъективную оценку восприятия изображения, воспроизводимого этой системой. Решить эту задачу можно с использованием психофизических экспериментов путем построения сенсорных характеристик.

Информационная плотность искажений, соответствующая предъявляемым изображениям, вычислялась как разность между АЧХ сигналов в системах «объект – зрительный анализатор человека» и «объект – цифровая система записи и воспроизведения - зрительный анализатор человека». Наблюдатели должны были оценивать каждое цифровое изображение по показателю качества «пространственные искажения», используя десятибалльную шкалу. Они были проинструктированы о способах проявления этих искажений (муар-эффект и ложные высокочастотные составляющие). Эксперименты показали, что имеет место тенденция уменьшения оценки с ростом информационной плотности искажений. Для аппроксимации экспериментальных данных был использован метод наименьших квадратов. Наилучший результат аппроксимации был получен с использованием экспоненциальной зависимости. Кривая аппроксимации может быть описана уравнением вида

$$B(h) = A \cdot \exp(c \cdot h),$$

где B – субъективная оценка, h – информационная плотность искажений, A , c – константы, равные соответственно 8 и $-0,294$.

Полученная зависимость позволяет прогнозировать показатель качества «ложная информация» как для реально существующих, так и проектируемых систем записи и воспроизведения визуальной информации без проведения психофизических экспериментов.

Устройство 3-D сканирования в инфракрасной области для медицинских исследований

Зайцева Е.Г., Саракач С.А.

Белорусский национальный технический университет

Актуальным в настоящее время является создание тепловизионной системы, на выходе которой будет формироваться трехмерное изображение. Эта система позволит проводить быстрое и качественное обследование различных объектов, осуществлять диагностику и контроль температуры объекта во времени. Устройство 3-D сканирования найдёт широкое применение в медицине, машиностроении, автомобилестроении, микроэлектронике и во многих других сферах человеческой деятельности.

Устройство имеет множество расположенных в различных точках пространства тепловизоров, содержащих оптическую систему для формирования инфракрасного изображения объекта на микроболометрической матрице, электронный блок, совокупность дисплеев, матрицу для воспроизведения объемного изображения, состоящую из совокупности оптических элементов.

Инфракрасное излучение от объекта преобразуется в электрические сигналы множеством расположенных в различных точках пространства тепловизоров. С микроболометрических матриц электрические сигналы поступают в электронный блок обработки сигналов, который обеспечивает одновременное воспроизведение в видимой области на совокупности дисплеев множества плоских, записанных одновременно всеми тепловизорами изображений. Каждое из этих изображений воспроизводится в видимой области излучения соответствующим дисплеем, расположенным в пространстве параллельно соответствующей микроболометрической матрице. Матрица преобразует множество изображений на дисплеях в видимое объемное изображение объекта. Осью каждого оптического элемента матрицы проходит через центр соответствующего плоского изображения на дисплее и перпендикулярна его плоскости.

Одновременная запись инфракрасного излучения из множества точек пространства тепловизорами позволяет увеличить скорость записи. Одновременное воспроизведение дисплеями в видимой области множества плоских, записанных одновременно всеми тепловизорами инфракрасных изображений и их преобразование матрицей из оптических элементов в объемное изображение обеспечивает увеличение количества записанной и воспроизведенной информации, представление ее в удобной для восприятия форме.

Перспективные направления развития ювелирного производства

Луговой В.П.

Белорусский национальный технический университет

Один из самых древних видов ремесел ювелирное производство сформировалось в самостоятельную отрасль, в которой используются все достижения современной науки и техники, представляя большой научный и практический интерес. Об этом свидетельствует большое число зарегистрированных в мире патентов и изобретений. Систематизируя результаты исследований можно выделить круг, представляющий интерес для дальнейшего развития технологии ювелирного производства. Это исследования в области разработки новых материалов с заданными свойствами, совершенствования конструкций ювелирных изделий, а также техники и технологии для производства и декоративной обработки.

1. Ювелирные изделия – как объект конструирования и проектирования.

2. Дизайн ювелирных изделий как объект проектирования.

3. Проблемы материаловедения и термообработки драгоценных металлов.

4. Обработка поверхностей с особыми декоративными свойствами или эффектами для защиты от подделки.

5. Техника и технологии изготовления унифицированных элементов.

6. Методы и средства контроля качества ювелирных изделий;

7. Прогрессивные методы плавки и литья благородных металлов.

8. Прогрессивные методы сварки и пайки.

9. Электрохимические и электрофизические методы полировки.

10. Техника и технология электролитических методов покрытия.

11. Ультразвуковая техника и технология.

12. Технологии декоративного покрытия чернением, эмалированием, покрытия магнетронным распылением, напылением, химическим безэлектролитным золочением; электролитическим золочением и серебрением и т.д.

13. Применение компьютерных технологий при проектировании и производстве изделий.

Таким образом, краткое перечисление новых технологий, применяемых в области ювелирного производства, подтверждает, что ювелирная отрасль становится одной из самых передовых в сфере материального производства. И, несмотря на ряд особенностей, эта отрасль интенсивно интегрируется с различными областями науки и техники, и открывает новые возможности на стыке современных наук.

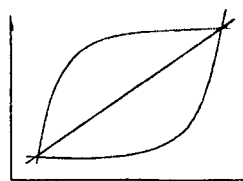
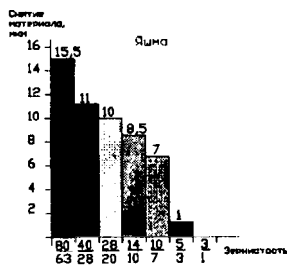
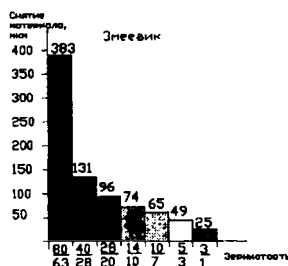
Прогнозирование шероховатости поверхности при обработке ювелирных камней

Луговой В.П., Щербина С.А., Луговой И.В.

Белорусский национальный технический университет

Главной отличительной особенностью камней при обработке является хрупкость. Снижение затрат механической обработки камней может быть достигнуто уменьшением величины минимального слоя припуска поверхностного слоя материала.

Полученные зависимости изменения съема материала и шероховатости показывают, что время формирования поверхностного слоя и величина съема зависит от твердости обрабатываемого материала.



Таким образом, оптимальный технологический процесс определяется скоростью удаления поверхностного слоя, образованного на предыдущей операции, и формирования микронеровности нового поверхностного слоя.

Сравнительные эксперименты по определению величины шероховатости поверхности камней инструментами с различной зернистостью различной твердости показали, что процесс формирования шероховатости можно описать уравнением $y = A + kx^m$.

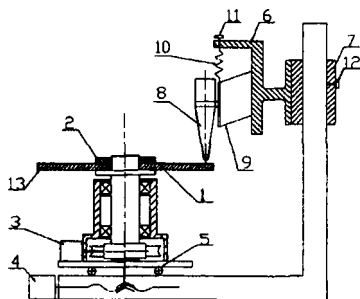
Теоретически графики этих зависимостей, выражающие изменение шероховатости поверхности от зернистости имеет различные формы кривых.

Таким образом, шероховатость поверхностного слоя твердых камней начинает формироваться при обработке абразивами относительно больших размеров на этапе черновой обработки и завершается и стабилизируется раньше, чем у мягких камней, так как глубина внедрения единичного зерна сравнительно меньше, чем при обработке мягких материалов, у которых формирование микрорельефа длится на всем протяжении процесса обработки, включая окончательную полировку.

Устройство для разрушения покрытий, использующее энергию ультразвуковых колебаний

Колесников В.С., Новиков А.А., Ковалевский П.М.
Белорусский национальный технический университет

Покрытия, наносимые на поверхности деталей, могут нести декоративную, защитную и специальную функции. Особый интерес представляют специальные покрытия, к которым предъявляются повышенные требования точности и надежности. Одним из основных показателей качества покрытия является степень его адгезии. Для проверки адгезии было разработано устройство, принципиальная схема которого представлена на рисунке.



Конструктивно, установка представляет собой систему приводов, один из которых (4) придает поступательное перемещение каретке 5, на которой установлен привод 3. Данное устройство посредством червячной передачи передает вращение валу, а, соответственно, и исследуемому диску, установленному на нем. Рабочим органом системы является ультразвуковой преобразователь 8, концентратор которого жестко связан с упругими направляющими 9, выполненными в виде параллелограмма. При помощи опоры данного типа реализуется поворот преобразователя с целью достижения требуемого угла воздействия ультразвуковых колебаний. Силовое замыкание системы “преобразователь – диск” обеспечивается пружиной 10 и стопорным винтом 11. Для вертикального перемещения преобразователя служит каретка 6, фиксация которой обеспечивается винтом 12.

Изменяя амплитуду колебаний концентратора и угол воздействия можно перераспределять акустические волны в детали, тем самым, выявляя области наибольшего напряжения. Следовательно, если покрытие некачественное, то произойдет его разрушение в данной области.

Исследование вибраций роторных систем и способ их активного гашения

Савченко А.Л., Минченя Н.Т.

Белорусский национальный технический университет

Вибрации роторных систем машин и приборов в первую очередь связаны с вибрацией подшипников, которая является следствием отклонений формы шариков и дорожек качения от идеальной. Вибродиагностика широко используется при анализе технического состояния опор качения, при этом в спектре вибраций выделяются характерные частоты, связанные с частотой вращения ротора. Для гашения вибраций наиболее часто используют пассивные методы, такие как демпфирование системы повышением осевого натяга в подшипниках или момента сопротивления вращению. Это приводит к увеличению энергетических потерь и снижению срока службы подшипников. Также применяют динамическое гашение вибраций установкой на роторе подвижных элементов. Такой метод ухудшает динамические свойства системы и работает в узком диапазоне частот.

Ранее разработчиками систем смазывания подшипниковых узлов было отмечено, что пульсации давления масла в смазочных каналах приводят к появлению дополнительных составляющих вибраций подшипника. Эти пульсации являются следствием резонансных явлений в смазочной системе, которая может рассматриваться как гидравлический резонатор, и считаются вредным явлением. Однако, если конструкция смазочной системы позволяет управлять частотой и фазой пульсаций, их можно использовать для гашения вибраций ротора.

Предлагается активный способ гашения вибраций путем создания дополнительных колебаний, находящихся в противофазе с доминирующей составляющей вибрации. Дополнительные колебания создаются путем создания пульсирующего потока смазочного материала, направляемого в подшипники. С этой целью маслораспределитель выполнен в виде струйного генератора, частотой которого управляют путем изменения площади сечения выходного канала. Фазой колебаний управляют путем изменения длины выходного канала.

Система гашения колебаний строится следующим образом. С помощью вибродиагностического устройства выделяется доминирующая частота вибраций, после чего система задает нужную частоту струйного генератора и подбирает фазу колебаний до момента максимальной компенсации вибрации. Таким образом, система построена по схеме с обратной связью.

Исследование динамических характеристик цилиндрической прорезной пружины

Савченко А.Л., Монич С.Г.

Белорусский национальный технический университет

Цилиндрическая прорезная пружина имеет характеристики, позволяющие успешно использовать ее в весо- и силоизмерительных устройствах в сочетании с индуктивными преобразователями деформации в электрический сигнал. Для этого конструктору необходимо владеть рядом характеристик, отсутствующих в справочной литературе, в том числе характеризующих работу пружины в динамике. Например, подвижная система весов в соответствии с ГОСТ 29329 должна успокаиваться после не более чем 5 колебаний, что обеспечивается подбором требуемого коэффициента демпфирования.

Работа пружины в динамике описывается уравнением колебательного звена

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F,$$

где m – масса колеблющихся элементов пружины с присоединенным грузом; c – коэффициент демпфирования; k – жесткость пружины; x – деформация; F – внешняя сила.

Исследования направлены на установление связи между геометрическими параметрами пружины и коэффициентом демпфирования. Для этого используется весовая функция (импульсная переходная характеристика) пружины. Для получения весовой функции на пружину воздействуют ударной нагрузкой, имитирующей δ -функцию, и регистрируют изменение деформации во времени с помощью индуктивного преобразователя. Из полученного графика расчетным путем получают параметр затухания ξ , связанный с коэффициентом демпфирования и являющийся одним из коэффициентов передаточной функции колебательного звена

$$W(p) = \frac{1}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1},$$

где $T = \sqrt{\frac{m}{k}}$ – постоянная времени; $\xi = \frac{c}{2\sqrt{km}}$ – параметр затухания.

Отсюда коэффициент демпфирования $c = 2\xi\sqrt{km}$.

Зная коэффициент демпфирования пружины, при проектировании несом можно подобрать требуемые характеристики успокоителя колебаний.

Применение гибких волноводных систем при ультразвуковой прошивке отверстий*

Луговой И.В., Стрельцов А.В.

Белорусский национальный технический университет

Повышение производительности и качества прошивки отверстий, особенно глубоких сложнофасонных в хрупких материалах, является актуальной задачей в машино- и приборостроении. Частично эта задача решается путем использования дополнительных видов энергии, в частности - энергии ультразвука. Одним из недостатков известных конструкций прошивочных станков является резкое снижение эффективности ультразвука и затруднение доставки абразивной суспензии при достижении глубины отверстия больше 5 диаметров. Поэтому для повышения производительности необходимо увеличивать мощность ультразвука, в итоге снижается срок службы инструмента и нарушается стабильность процесса прошивки отверстий.

Нами предложен способ повышения эффективности ультразвуковой прошивки глубоких отверстий без дополнительного повышения мощности подводимой ультразвуковой энергии, путем установки промежуточных волноводов-концентраторов с переменной жесткостью связывающих рабочий инструмент с ультразвуковым преобразователем. Промежуточные волноводы-концентраторы с переменной жесткостью позволяют получить низкочастотные изгибные колебания большой амплитуды и осуществить модуляцию высокочастотных продольных колебаний рабочего инструмента. Полученные таким образом комбинированные колебания рабочего инструмента позволяют обеспечить постоянное обновление абразивных частиц в зоне взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью, повысить производительность и качество процесса обработки отверстий. Геометрические размеры гибкого кольцевого волновода- концентратора выбирают таким образом, чтобы при резонансе акустической системы на частоте продольных колебаний, в гибком кольцевом волноводе-концентраторе устанавливался резонанс изгибных колебаний. Предварительные экспериментальные исследования показали, что с использованием предложенной конструкции акустической системы достигается высокая производительность прошивки отверстий при уменьшении мощности ультразвука на 30% по сравнению с обычными волноводами. При прошивке отверстий диаметром 0,5 мм в пластине из кварцевого стекла толщиной 10 мм скорость прошивки в начале и конце обработки изменилась не более чем на 5-8 %.

* Работа выполнялась под руководством канд. техн. наук Минчени В. Т.

Способы обработки шариков

Филонова М. И., Козерук А. С., Кириленко Е. А., Жуковская А.И.
Белорусский национальный технический университет

Классическая шариковая технология, применяемая на производстве при обработке шариков из хрупких материалов (стекла, камней) размером до 20 мм, использует заготовки в виде кубиков и состоит из трёх стадий. Первая – грубая обработка на станке типа центрифуги. Вторая – предварительная обработка. Её цель – придание всей партии заготовок правильную геометрическую форму и одинаковый размер. Обработку ведут между двумя вращающимися навстречу друг другу абразивными кругами, оси которых смещены на величину эксцентриситета (разноразмерность в партии составляет до 0,4мм). Третья стадия – финишное шлифование и полирование. Используют станок, в котором имеются нижнее и верхнее звенья. Нижнее - планетарно перемещающаяся планшайба с наклеенной на ней листовой резиной. Верхнее – неподвижный латунный шлифовальник, в котором высверлены фигурные отверстия.

Недостатками последней стадии, выполняемой по указанной схеме, являются: разноразмерность заготовок в партии из-за разноразмерности после предыдущей стадии обработки, сложность изготовления и восстановления инструмента с лунками одинакового размера.

Предлагаемый инструмент устраняет упомянутые недостатки. Он представляет собой прямоугольный корпус, по направляющим которого могут смещаться сухарики вместе с подпружиненными держателями. В держателях выполнена коническая лунка. Инструмент с заготовками устанавливают на планшайбу с наклеенной резиной. Причём предварительно заготовки устанавливают в одной плоскости. Сообщают вращение шпинделю и возвратно-вращательное движение поводку. При этом конические поверхности лунок обрабатывают заготовку. В процессе обработки на планшайбу наносят шлифующую или полирующую суспензию и периодически контролируют диаметры шариков.

С помощью математического моделирования была выявлена зависимость изменения диаметра заготовки от параметров режима обработки.

Преимуществами обработки с использованием данного инструмента являются: возможность обработки одним инструментом разноразмерных заготовок; возможность управления величиной снимаемого припуска; сравнительная простота изготовления инструмента и его настройки.

Нелинейные эффекты в длинных упругих волноводах

Минченя В.Т., Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Гибкие волноводные системы для передачи ультразвуковых колебаний в настоящее время находят все более широкое применение в различных областях науки и техники: ультразвуковой тромболитизис, контактная литотрипсия, разогрев топлива при низких температурах, дистанционное управление ультразвуковыми двигателями, эндоскопическая нейрохирургия, очистка от загрязнений труднодоступных каналов технических систем. К сожалению, в настоящее время отсутствует теория, позволяющая производить расчет таких систем, и их анализ и синтез производятся исключительно опытно-экспериментальным путем. В статье предложена и исследована математическая модель, позволяющая исследовать продольные и изгибные колебания ступенчатых гибких волноводов с переходным участком без учета взаимного влияния различных типов колебаний. Модель основана на оригинальном численно-аналитическом методе расчета, использующем аналитические решения уравнений Эйлера-Бернулли и Вебстера, описывающих изгибные и продольные колебания ступеней волновода, и численные решения этих уравнений для переходного участка с непрерывным сопряжением решений на границах раздела ступеней и переходного участка. Численное решение уравнений Эйлера-Бернулли и Вебстера для переходного участка производится методом Рунге-Кутты. Профиль переходного участка аппроксимируется полиномиальной функцией. Предложенная модель может рассматриваться как первое приближение к решению проблемы расчета гибких волноводов, позволяющее выявить и обосновать эффективные методы ее решения. Для заданной частоты колебаний $f=25$ кГц построены резонансные кривые продольных и изгибных колебаний двухступенчатого волновода. Определены значения длин ступеней L_1 и L_2 , обеспечивающие совместный резонанс продольных и изгибных колебаний. Корректность предложенной модели подтверждена результатами моделирования с помощью метода конечных элементов с использованием программы ANSYS. С этой целью для каждого значения (L_1, L_2) путем модального анализа определялась собственная частота колебаний и сравнивалась с заданной частотой $f=25$ кГц. Максимальное относительное отклонение расчетных частот от заданной для продольных колебаний не превысило 0,1 %, а для изгибных колебаний составило 12,6 %, что подтверждает корректность предложенной методики расчета.

Использование управляемого резонанса в приводах микроботов

Минченя В.Т., Степаненко Д.А.

Белорусский национальный технический университет

Пьезоэлектрические (ультразвуковые) приводы находят широкое применение в технике и могут использоваться в качестве элементов манипуляторов, для перемещения грузов и подвижных частей различных механизмов, а также для создания мобильных роботов и быстродействующих исполнительных устройств систем управления. Особый интерес представляют мобильные роботы, которые могут быть использованы для инспекции и очистки труднодоступных каналов в авиационных двигателях, теплообменниках, трубопроводах, а также в медицинских приложениях, например, в эндоскопической хирургии. Такие роботы будут способны доставлять в инспектируемую область различные инструменты и решать с их помощью разнообразные технологические задачи, в частности, производить очистку и восстановление проходимости каналов (реканализацию). Преимуществами пьезоэлектрического привода по сравнению с другими типами приводных устройств являются возможность миниатюризации, высокий коэффициент полезного действия и малая энергоемкость. Для обеспечения возможности создания управляемого движения приводные элементы робота выполняются в виде пространственно-изогнутых стержней, резонансные характеристики которых смещены друг относительно друга за счет асимметричности их выполнения. Соотношение амплитуд колебаний приводных элементов, зависящее от частоты их возбуждения, будет определять направление движения робота. Изменение условий внешней среды, с которой взаимодействуют приводные элементы, например, изменение состояния опорной поверхности, будет приводить к смещению резонансных характеристик приводных элементов. Для выявления этого смещения и адаптации робота к неопределенным условиям внешней среды необходимо ввести в конструкцию чувствительный элемент. С помощью современных методов возможно наносить чувствительные пьезоэлектрические элементы непосредственно на приводные элементы и управлять этими элементами посредством микроконтроллеров, установленных на теле робота, что позволяет создавать автономных (мобильных) роботов. Описанная концепция управления роботом может быть охарактеризована как концепция «управляемого резонанса». Учитывая чувствительность робота к свойствам опорной поверхности, его можно использовать в качестве подвижной сенсорной системы для исследования топологии и физико-механических свойств поверхности.

Сочетанное применений низкочастотного ультразвука и электромагнитного поля в лечении злокачественных образований*

Чиж Д.В.**, Солейман Нежад М.*
БелМАПО**

Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время активно изучается возможность использования ультразвуковой энергии в качестве противоопухолевого агента при лечении злокачественных образований. Многими исследователями установлено, что нормальные клетки относительно резистентны к ультразвуковому воздействию, тогда как злокачественные – намного более чувствительны, причем в зависимости от параметров ультразвукового излучения достигаются различные биологические эффекты в тканях.

В данной работе нами рассматривается вопрос влияния ультразвука низкой частоты и переменного магнитного поля в комбинированном воздействии с лучевой терапией на кожные злокачественные новообразования. Предварительная обработка злокачественного образования низкочастотным ультразвуком в сочетании с электромагнитным полем может служить физическим фактором позволяющий снизить дозу облучения, при этом сохраняя эффективность самого лечения.

Для проведения исследований была разработана экспериментальная установка, состоящая из акустической системы и излучателя электромагнитного поля. Для повышения эффективности действия ультразвука разработаны специальные гибкие волноводы кольцевого типа, охватывающих кожное злокачественное образование по всему периметру.

От пьезоэлектрического преобразователя продольные ультразвуковые колебания частотой 22-28 кГц, с амплитудой 1-7 мкм передаются на волноводную систему кольцевого типа в пакетном режиме, где частично преобразуются в изгибные колебания. Диаметр кольцо волновода выбирается таким образом чтобы в его геометрическом центре образовалась пучность ультразвуковых колебаний. Над кольцевым волноводом закреплен излучатель электромагнитного поля мощностью 10-60 мВт.

В настоящее время проводятся исследования *in vivo* на белых беспородных крысах с имплантированными подкожно опухольями штамма саркомы. Предварительные исследования показали эффективность использования комбинированного метода воздействия на злокачественные образования при лучевой терапии.

* Работа выполнялась под руководством канд. техн. наук Минчени В. Т.

Устройство с пневмоприводом для динамических исследований шарикоподшипников

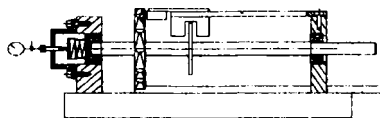
Минченя Н.Т., Фалиц Р.В.

Белорусский национальный технический университет

В подшипниках качения всегда существует проскальзывание тел качения и сепаратора относительно колец и скольжение на площадках контакта. Это обстоятельство является ещё более важным при высоких скоростях и наличии смазки или жидкой среды. Большое значение имеют и гироскопические эффекты, вызывающие отклонение оси вращения шариков в упорных, радиально-упорных и сферических подшипниках от нормального положения, определяемого углом контакта и создающие тем самым добавочные эффекты трения верчения. Потери трения обусловлены также пластическими свойствами материалов контактирующих деталей. Здесь имеют значение и скорости изменения деформаций, а также касательные силы инерции шариков, особенно резко меняющихся режим работы на высоких скоростях. Потери энергии на выравнивание скоростей вращения деталей в условиях колебания чисел оборотов и нагрузок могут быть весьма значительными.

Наиболее сложны эффекты трения в радиально-упорных шарикоподшипниках. Потому очень важны исследования момента трения, который зависит от предварительно осевого натяга, условий смазки и других факторов. Эти все факторы определяют нагрев подшипникового узла, поэтому исследования влияния предварительного натяга и осевой нагрузки на момент трения имеет большое значения для выбора оптимального режима работы подшипникового узла.

Авторами разработана установка для испытания радиально-упорных подшипников 3618. Она позволяет изменять и контролировать величину осевой нагрузки до 200Н.



Установка содержит вал, ротор, пневмо-турбинку (выполненную заодно с валом), регулируемую систему питания сжатым воздухом, систему контроля, измерительную аппаратуру.

Измерение момента трения в подшипниках качения основано на разгоне турбинки сжатым воздухом и измерении её выбега. Предложенная конструкция позволяет, проводить исследования на больших скоростях (более 30000 мин⁻¹).

Методика и экспериментальное оборудование для исследования влияния геометрических параметров на жесткость пружин

Новиков А.А., Иванов С.А.

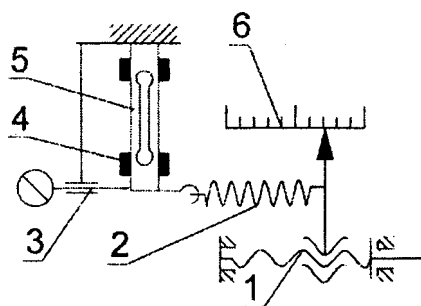
Белорусский национальный технический университет

Цилиндрические винтовые пружины сжатия-растяжения, навитые из стальной проволоки круглого сечения, нашли широкое распространение в современных механизмах и приборах. Они используются как для создания силового замыкания в механизмах (выборка зазоров в различных типах передач и т.д.), так и для создания измерительного усилия в измерительных приборах (весы, индикатор часового типа и т.д.).

При проектировании цилиндрических винтовых пружин сжатия-растяжения используется известная методика расчета. Однако зачастую рабочая характеристика изготовленной пружины отличается от теоретических расчетов. В тех случаях, когда пружина ответственна за правильное функционирование прибора, проводятся ее контрольные измерительные испытания.

Все методики по определению упругих характеристик винтовых цилиндрических пружин сжатия-растяжения сводятся к одному: измерению упругой деформации при известном рабочем нагружении.

С целью ознакомления студентов с упругой характеристикой винтовой цилиндрической пружины растяжения, а так же влияния геометрических параметров на изменение ее жесткости, авторами было предложено создать специальную установку, принципиальная схема которой приведена на рисунке.



Установка состоит из чувствительного элемента (оттарированная тензометрическая балка 5 с наклеенными на нее тензорезисторами 4), отображающее устройство (на рисунке не показано) и механизма нагружения 1. Исследуемая пружина 2 одним концом цепляется за чувствительный элемент, а вторым – за механизм нагружения. Считывание

удлинения производится по шкале 6. Для учета упругой деформации тензометрической балки используется индикатор 3. Величина нагрузки показывается на отображающем устройстве.

**Повышение качества шаржирования боковых поверхностей
распиловочных дисков на основе совершенствования технологии их
шаржирования**

Киселев М.Г., Корзун П.О, Савицкий С.С. Летыч В.А.
Белорусский национальный технический университет

Одним из этапов технологического процесса обработки алмазов является распиливание монокристаллов. В качестве инструмента для проведения этой операции применяют распиловочные диски. Он представляет собой диск диаметров 76 мм и толщиной от 0,04 до 0,09 мм.

С целью повышения качества шаржирования авторами было предложено производить перед операцией шаржирования предварительную обработку боковых поверхностей распиловочных дисков.

С учетом конструктивных особенностей и размеров диска, свойств материала, из которого эти диски изготавливаются, для предварительной обработки целесообразно использовать абразивный виброударный способ получения микрорельефа на поверхности диска.

Сущность способа заключается в следующем: установленный на фланец распиловочный диск, с нанесенной на боковую поверхность суспензией (касторовое масло с абразивным порошком), помещается между двумя вращающимися деформирующими инструментами. Деформирующие инструменты жестко связаны с корпусами, которые подвешены на плоских пружинах. Для создания виброударного режима в корпусе вмонтированы пятки для передачи колебаний от кулачка, приводимый во вращение с помощью двигателя, частота вращения которого составляет 200 мин^{-1} .

Процесс обработки проходит в два этапа: на первом происходит равномерное распределение суспензии по поверхности диска на втором - виброударное воздействие. Длительность первого этапа равно времени одного оборота диска, второго – трём оборотам). После снятия диска его поверхность очищают от суспензии и просушивают.

В результате обработки на поверхности распиловочного диска образуется множество хаотично расположенных лунок и кратеров. При этом их геометрические параметры образовавшихся лунок соизмеримы с размерами и формой алмазных зерен. Что позволяет судить о повышении вероятности закрепления алмазных зерен в боковых поверхностях распиловочных дисков при дальнейшем ультразвуковом шаржировании по сравнению с технологическим процессом без предварительной обработки.

Определение оптимального микрорельефа поверхности, обеспечивающего её наибольшую удельную площадь, маслосъемкость и поверхностную энергию

Киселев М.Г., Корзун П.О, Павич Т.А.

Белорусский национальный технический университет

Как известно, геометрические и физические характеристики состояния поверхностного слоя деталей оказывает первостепенное влияние на их эксплуатационные показатели (износостойкость, циклическую прочность, контактную жесткость, коррозионную стойкость и т.п.). Кроме того, эти характеристики в значительной степени определяют качество выполнения последующих операций поверхностной обработки заготовок.

Для повышения прочности сцепления наносимого покрытия, содержащего жидкую фазу, с поверхностью изделия на ней предварительно необходимо сформировать микрорельеф, обеспечивающий её наибольшую площадь и объем.

На основе анализа характерных особенностей микрорельефа поверхности при её обработке различными методами установлены три специфических его вида. Так при обработке лезвийным инструментом или инструментом со связанным абразивом микрорельеф поверхности представляет собой совокупность однонаправленных рисок; пескоструйной обработке соответствует микрорельеф поверхности в виде множества лунок, имеющих форму близкую к конической; при электроэрозионной обработке микрорельеф также представляет собой совокупность множества лунок, но имеющих форму близкую к сферической.

С использованием геометрических моделей, соответствующих трем видам микрорельефа поверхности, получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать приращение площади и объема поверхности с данным видом микрорельефа по сравнению с абсолютно гладкой поверхностью.

Установлено, что при прочих равных условиях оптимальными с точки зрения обеспечения наибольшей активной площади поверхности и её объема является микрорельеф, представляющий собой совокупность множества конических лунок. В меньшей степени эти показатели наблюдаются у поверхности, имеющей микрорельеф в виде однонаправленных рисок, а поверхность с микрорельефом в виде совокупности множества лунок сферической формы характеризуется наименьшим значением, как её активной площади, так и объема.

Особенности формообразования сферической поверхности шариков при планетарном движении дискового инструментом

Щетникович К.Г.

Белорусский национальный технический университет

Тонкое шлифование стеклянных шариков, используемых в оптическом приборостроении, выполняется на станках с планетарным движением инструмента. Анализ кинематики шариков показывает, что шарик, находящийся в коническом отверстии неподвижного диска при контакте с поступательно перемещающейся по окружности планшайбой, совершает сферическое движение. Мгновенная ось вращения шарика направлена к центру окружности контакта, описываемой шариком на планшайбе.

Поступательное перемещение инструмента в относительном движении проще реализуется сочетанием вращательных движений эксцентрично установленных дисков с одинаковыми угловыми скоростями. Вращательное движение является уравновешенным и допускает более высокую скорость инструмента. Экспериментальное определение положения мгновенной оси вращения шарика при низкой скорости инструмента подтвердило теоретические выводы. Метка на шарике, расположенная на участке сферической поверхности, обращенной к центру окружности контакта, всегда остается на этом же участке. При повышенной скорости обработки, вследствие колебаний инструмента, ось вращения шарика быстрее изменяет свое положение, однако при этом возрастают динамические нагрузки. Следовательно, при отсутствии возмущающих факторов, планетарное движение инструмента не обеспечивает условия формообразования сферы.

На основании исследований кинематики шариков предложено шлифование изделий осуществлять в два этапа. Вначале тонкое шлифование шариков осуществляется при верхнем положении диска с коническими отверстиями и нижнем расположении диска. Основным источником колебаний инструмента являются шарики, имеющие после предшествующей обработки значительные отклонения от сферы. По мере повышения точности сферической поверхности колебания инструмента снижаются и мгновенная ось вращения шарика медленнее изменяет свое положение. На втором этапе обработки шлифование шариков выполняется при нижнем положении диска с коническими отверстиями, а диск, эластичное покрытие которого имеет периодические канавки, закрепляют на верхнем шпинделе. Изменения положения мгновенной оси вращения шарика носят закономерный характер и не зависят от колебаний в технологической системе.

Возможные варианты обработки шариков соосным кольцевым инструментом со свободной установкой неподвижного кольца

Щетникович К.Г.

Белорусский национальный технический университет

Использование при шлифовании и доводке шариков кольцевого инструмента обеспечивает 4-точечный контакт шариков с кольцами и нижним диском. Перемещение шариков сопровождается скольжением относительно инструмента и позволяет управлять их кинематикой. При доминирующей осевой нагрузке P_m (рис. 1) шарики скользят по торцевой поверхности кольцевой проточки неподвижного кольца 1 и положение мгновенной оси вращения (МОВ) шарика Ω_1 зависит от скорости нижнего диска 2 и приводного кольца 3.

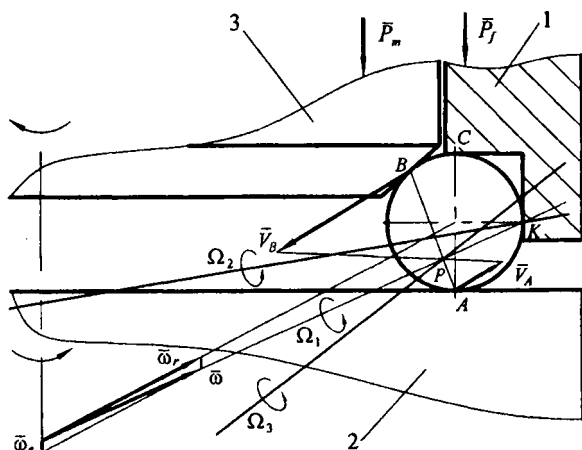


Рис. 1. Кинематика шарика

Если нагрузка на неподвижное кольцо P_f приближается к осевой нагрузке, шарик скользит по двум поверхностям инструмента и положение его МОВ зависит от соотношения нагрузок на кольца.

Дополнительное скольжение шариков может происходить как относительно боковой поверхности кольцевой проточки, так и конической фаски на

приводном кольце. При скольжении шариков по приводному кольцу МОВ шарика Ω_2 поворачивается вокруг точки K . Скорость скольжения может достигать значительных величин и определяется главным образом частотой вращения приводного кольца.

Если шарик скользит по боковой поверхности кольцевой проточки, то при увеличении нагрузки на неподвижное кольцо МОВ шарика Ω_3 поворачивается относительно точки P полюса скоростей точек A и B . Скорость скольжения определяется угловой скоростью шарика.

**Физиотерапевтическое действие циркулярно-поляризованного
электромагнитного излучения на организм**

Филимонов В.А., Новиков А.Е.

Белорусский национальный технический университет

Предлагается использование источников циркулярно-поляризованного (ЦП) электромагнитного излучения (ЭМИ) тепловой интенсивности диапазона дециметровых и сантиметровых волн (ДДСМВ), в сочетании с более низкими частотами, в физиотерапии.

Известно, что энергия квантов ЭМИ ДДСМВ соответствует вращательным возбуждениям молекул воды – основы внутренней среды организма. В этой связи физиологическое действие ЭМИ обусловлено главным образом нагревом тканей и, как следствие, неселективной активизацией биохимических реакций. Нагрев происходит вследствие многоступенчатого возбуждения вращательных уровней вплоть до самых высоких, смыкающихся с полосой деформационных колебаний молекул.

Нами теоретически показано, что механизм биохимического действия ЦП ЭМИ ДДСМВ существенно иной, а именно:

1) Право- и лево- поляризованное ЦП ЭМИ дифференцированно воздействует на конформационную подвижность и, соответственно, селективно активизирует биохимические процессы с участием право- и лево-хиральных биомолекул (сахаров, ДНК, РНК, и биохимически активных белков). В этой связи ЦП ЭМИ ДДСМВ может явиться новым селективным и эффективным инструментом физиотерапии. Совместное использование ЦП ЭМИ ДДСМВ с ЭМИ более низких частот делает эти эффекты еще более выраженными и селективными.

2) Применение ЦП ЭМИ позволяет активировать лишь первые (минимальные по энергии) уровни вращательного возбуждения молекул, а многоступенчатое возбуждение является запрещенным. Это обуславливает: отсутствие перегрева тканей и повреждений молекул (температура нагрева не превышает 10 – 15 мК); быстрое взаимодействие тканей с излучением, даже при вовлечении в процесс всех молекул среды и большую глубину проникновения ЦП ЭМИ в организм.

3) Индукционное действие ЦП ЭМИ (в отличие от неполяризованного) характеризуется разомкнутостью индуцируемых им ионных токов и выражается в продольной (относительно направления распространения ЦП ЭМИ) электрической поляризации внутриклеточной жидкости и в образовании ионопроводящих каналов в клеточных мембранах, что способствует усилению трансмембранного ионного обмена и нормализации электрического потенциала клеток (до уровня 70-90 мВ).

Магнитный сканер-дефектоскоп

Петраковский В.В., Новиков А.Е.

Белорусский национальный технический университет

Магнитный сканер-дефектоскоп (МСД) предназначен для оперативного обнаружения дефектов сплошности (трещин, локальных утонений стенок и др.) по всей толщине стенки изделий из ферромагнитных материалов, имеющих плоскую или цилиндрическую поверхность (трубопроводы, резервуары и т.п.), в том числе, при одностороннем доступе к контролируемой зоне, а также без удаления защитной изоляции и остановки работы контролируемых объектов. МСД может использоваться в системах контроля за размагничиванием различных изделий и узлов.

В работе представлен специализированный стенд, предназначенный для лабораторных исследований натуральных образцов участков и сварных швов трубопроводов с целью оценки уменьшения сечения дефектных участков сварного шва, а также параметров дефектов.

Намагничивание зоны контроля в стенде производится устройством комбинированного (постоянным с переменным магнитным полем) намагничивания. Информация о полях рассеяния обрабатывается в модуле первичных преобразователей на основе датчиков Холла. Визуализация информации о контроле с помощью разработанного программного обеспечения производится на экране монитора персонального компьютера, либо ноутбука в трассовых условиях.

Проведено экспериментальное исследование чувствительности, отношения сигнал/шум, динамического диапазона и производительности модуля преобразователей. Эксперимент проводился на образцах из низкоуглеродистых и малолегированных сталей с плоской поверхностью при изменении индукции поля намагничивания в пределах 0,7...1,7 Тл. Амплитуда сигнала в датчике Холла изменяется в пределах 0...680 мВ в диапазоне полей 0...500 А/см.

Оптимальные значения отношения сигнал/шум составляют 40...600 в пределах изменения величины поля дефекта 10...140 А/см. Разрешающая способность МСД определяется дефектами минимальных размеров, которые еще могут быть восприняты без их слияния в одно целое, и зависит от размеров магниточувствительных элементов и расстояния между ними. Поскольку размеры магнитного поля рассеяния дефекта превышают его истинные размеры, матрицей со сравнительно большими размерами магниточувствительных элементов можно обнаруживать дефекты с небольшим раскрытием, поэтому разрешающая способность МСД на преобразователях Холла может достигать 0,03 мм.

Оптико-электронные и лазерные приборы и системы

Выбор приёмника изображения для интерферометра Физо и оценка его технических параметров на стендовом макете

Карпеш Д.С., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Оценка формы поверхности оптической детали и величина её локальной местной ошибки, на большинстве отечественных оптических предприятиях из экономических соображений производится преимущественно контактным методом. При этом точность измерения с использованием пробных стекол соответствует $0,1N$ и главным образом зависит от квалификации оператора. Используя матричные приемники изображения для регистрации интерферограмм в совокупности со специализированным программным обеспечением можно значительно повысить точность оценки формы поверхности оптической детали.

Для регистрации изображения используют фотоприемники двух типов: ПЗС и КМОП. Обе технологии имеют свои преимущества и недостатки. Технология КМОП, в отличие от ПЗС, позволяет осуществлять большее количество операций прямо на матричном фотоприемнике. КМОП матрицы могут также обрабатывать изображение, уменьшать помехи и производить аналого-цифровое преобразование. Возможность программирования КМОП матрицы способствует созданию гибкого многофункционального устройства.

В отличие от КМОП ПЗС матрицы имеют очень высокую равномерность чувствительности по полю и низкий темновой ток, однако в современных КМОП матрицах существует возможность вычитать темновой ток в самой матрице, оставляя тем самым только полезный сигнал.

Сравнение технических возможностей ПЗС и КМОП матриц позволяет сделать вывод о том, что ПЗС целесообразнее использовать в спектрофотометрических приборах, где очень важно точно зарегистрировать распределение интенсивности излучения по длинам волн, а КМОП – в интерференционных. Наиболее простая схема реализации интерференционных приборов – схема Физо.

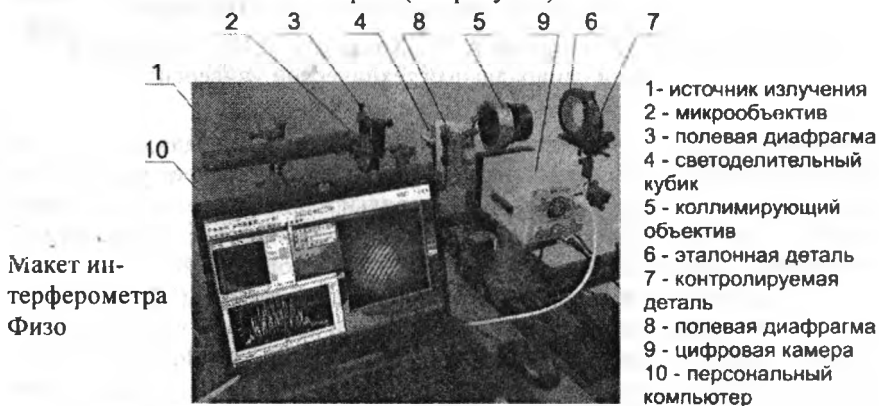
При решении проектной задачи по созданию отечественного аналога интерферометра, обеспечивающего контроль оптических деталей выпускаемых в наиболее широком диапазоне типоразмеров диаметров от 10 до 110 мм, возникла необходимость в разработке макета прибора позволяющего практически оценить большинство возникающих конструктивных и технологических нюансов. В качестве источника излучения был выбран гелий-неоновый лазер мощностью в 1 мВт.

Выбор приёмника изображения для интерферометра Физо и оценка его технических параметров на стендовом макете (часть 2)

Карпеш Д.С.

Белорусский национальный технический университет

Чтобы получить интерференционную картину, необходимо осветить поверхность контролируемой детали широким параллельным пучком с равномерным распределением интенсивности. Для этого используется телескопическая система Кеплера 5 (см. рисунок).



Излучение фокусируется микрообъективом с увеличением $40\times$ и апертурой $A=0,65$. Затем с помощью объектива коллиматора с $f = 300$ мм и $D/f = 1/4,5$ получаем широкий параллельный пучок необходимого диаметра. При падении излучения на рабочую поверхность эталона волновой фронт делится на две части, одна из которых отражается в интерферометр, а вторая – падает на контролируемую поверхность и отражается назад в интерферометр. Внутри интерферометра, возвращающийся волновой фронт объединяется с эталонным волновым фронтом, и они интерферируют друг с другом, а разность фаз между ними приводит к образованию интерференционной картины. В качестве эталона используется оптический клин, одна из поверхностей которого выполнена с высокой точностью. Излучение также отражается от нерабочей поверхности эталона и попадает в интерферометр, что приводит к снижению контраста интерференционной картины и появлению засветки. Для исключения влияния данного эффекта применяется полевая диафрагма, которая выступает в роли пространственного фильтра. В качестве светоделителя используется кубик с длиной стороны 20 мм, с помощью которого пучок направляется в канал с

приемником излучения. В роли светоделителя может быть и диэлектрическое зеркало, однако в этом случае излучение отражается от передней и задней поверхностей зеркала, что приводит к двоению изображения.

Интерферограмма преобразуется в электрический сигнал цифровой КМОП-камерой HS 301F, и посылается на монитор РС. Далее при использовании специализированного ПО интерферограмма расшифровывается и получается топограмма контролируемой поверхности, по которой можно качественно и количественно оценить точность формы оптической детали.

УДК 681.7.015.2

Лазерный стоматологический аппарат «Оптима»

Атрашкевич Р.В.¹, Шкадаревич А.П.², Хохленков Л.Н.², Кузнечик В.О.¹

¹Белорусский национальный технический университет

²ОТМТ ЧУП «ЛЭМТ»

По сравнению с использованием классического стоматологического бура применение лазерных аппаратов в стоматологии имеет ряд преимуществ: поверхность характеризуется стерильностью, бугристостью, стимулируется местный иммунитет, отсутствуют механические, физические и химические факторы, способные вызвать болевые ощущения.

В лазерном стоматологическом аппарате «Оптима» (УП ЛЭМТ, г. Минск) предусмотрено два канала генерации лазерного излучения. Для первого канала выбран лазер Nd:YAG, работающий на длине волн 1,064 мкм и 1,32 мкм (поглощение излучения гемоглобином). Во втором канале используется лазер Er:YAG с длиной волны излучения 2,94 мкм (излучение селективно поглощается водой).

Конструкция лазерного аппарата имеет модульный принцип построения, что позволяет повысить ремонтпригодность и взаимозаменяемость входящих в него узлов. В верхней части установки располагается оптический блок, включающий в себя два канала с пилотными полупроводниковыми лазерами (0,635 мкм) и два устройства ввода излучения в волокно. Оба канала представляют собой два резонатора с глухим сферическим и выходным плоским зеркалом. Пилотные лазеры предназначены для подсветки и наведения на требуемое место для проведения операции. Устройства ввода излучения в волокно служат для уменьшения потерь лазерного излучения. Под оптическим блоком располагается набор электронных компонентов необходимых для управления параметрами лазерного излучения: длительностью, частотой и энергией импульсов. Далее размещаются блоки питания дежурной дуги, зарядного модуля и разрядного контура. В нижней части аппарата находится система охлаждения резонаторов и устройство для создания воздушно-водяного спрея. Для доставки лазерного излучения к месту операции используется оптическое волокно.

**Формирование более глубоких знаний
в области оплотехники путём участия команды БНТУ
во всероссийских олимпиадах**

Артюхина Н.К., Демеш М.П., Миклашевич А.А., Каролик Е.П.
Белорусский национальный технический университет

В современной системе высшего образования существует немало способов повышения уровня знаний студентов. Одним из таких способов является проведение студенческих олимпиад. Целью проведения олимпиады является:

- повышение престижности указанных специальностей;
- привлечение большего количества абитуриентов;
- привлечение интереса к специалистам со стороны предприятий и фирм с различной формой собственности;
- совершенствование учебной и внеучебной работы студентов;
- формирование более глубоких знаний в области оплотехники;
- развитие творческой активности и самостоятельного мышления;
- формирование общих и профессиональных компетенций выпускников вузов;
- выявление одаренных студентов и формирование кадрового потенциала.

Основные принципы в проведении олимпиады: состязательность, творчество, открытость.

Важным аспектом подготовки к олимпиаде является самостоятельная работа, в ходе которой осваивался более высокий уровень знания дисциплин, связанных с оплотехническим приборостроением. Также участники имели возможность консультироваться с преподавателями кафедры «Лазерная техника и технология».

Организатором олимпиады является факультет оптико-информационных систем и технологий (ФОИСТ) СПбГУ Информационных технологий, механики и оптики (ИТМО).

Олимпиада проводится с привлечением ресурсов системы дистанционного обучения (ДО) СПбГУ ИТМО через сеть Internet, что является также новым методом обучения студентов. Команда БНТУ имела в 2006 году возможность поучаствовать в такой организации проведения олимпиады.

**Формирование более глубоких знаний в области оптотехники
путём участия команды БНТУ во всероссийских олимпиадах
(часть 2)**

Артюхина Н.К., Демеш М.П., Миклашевич А.А., Каролик Е.П.
Белорусский национальный технический университет

В рамках олимпиады предусматривается проведение следующих соревнований:

Первый этап командный блиц-турнир – ответы на вопросы в режиме on-line, который направлен на определение эрудиции участников, быстроты их реакции, внимания и смекалки, умения мыслить логически. В блиц-турнире командам предлагается подборка из нескольких вопросов. Тематика вопросов – оптика и оптическая техника: свет, явления оптики, история оптики, детали оптических приборов, глаз, как оптическое устройство и т.п.

Второй этап олимпиады – решение задач с определением победителей в индивидуальном и командном первенствах.

Тематика задач следующая: свойства и характеристики световых полей; энергетика световых полей; прохождение света через границу раздела; основные модели и соотношения геометрической оптики; геометрическая теория оптических изображений; дифракционная теория оптического изображения; поляризация и когерентность света; волноводное распространение поля; взаимодействие света с веществом; оптические системы и их элементная база; оптика глаза; основы расчета оптических систем; источники и приемники оптического излучения; методы и принципы оптических измерений; исследования качества оптического изображения; вопросы технологии оптического производства; физика и техника лазерного излучения, оптические и оптико-электронные приборы и системы, основы проектирования и конструирования оптических и оптико-электронных приборов. Каждой задаче и вопросу Жюри присваивает балл согласно уровню их сложности.

Проведение мероприятий такого рода способствует интеграции между студентами различных вузов, обмену опытом, методическими и учебными материалами. Также команда БНТУ 2008 получила приглашения на студенческие научно-технические конференции в Киев, Санкт-Петербург, Казань.

Команды студентов БНТУ принимает участие в олимпиаде третий год и подряд и занимает высокие места, что свидетельствует о хорошей подготовке студентов ПСФ БНТУ в области оптического приборостроения.

Анализ финишных методов обработки медных зеркал

Фёдорцев Р.В., Воронович С.В.

Белорусский национальный технический университет

При создании современных управляемых обрабатывающих комплексов на базе CO_2 -лазеров, работающих на длине волны 10,6 мкм и предназначенных для выполнения таких технологических операций как резка, сварка, сверление и перфорирование, пайка, маркировка и гравировка, скрайбирование, упрочнение и оплавление поверхностей применяют резонаторы с плоскими зеркалами. В качестве материала для которых преимущественно используют бескислородную медь, молибден или алюминий (см. рис.). Из перечисленных выше материалов наибольший интерес представляют зеркала, изготовленные из меди, которая характеризуется высокой теплопроводностью, что гарантирует максимальное качество лазерных пучков при предельных нагрузках.

С целью увеличения выходной мощности лазера (до 1000 Вт и более) необходимо обеспечить высокое значение коэффициента отражения для рабочих поверхностей зеркал резонатора ($R = \text{IV}$ и VII класса).

Проведены экспериментальные исследования по свободной финишной абразивной обработке образцов в виде диска $\text{Ø}40,0 \times 5,0$ мм изготовленный из меди марки М1 по ГОСТ 859–78, исходная поверхность которых была подготовлена чистовым точением. В силу физико-химических особенностей своей структуры медный образец является достаточно мягким материалом вследствие чего как при обработке, так и в процессе эксплуатации на его поверхности велика вероятность образования ласин и царапин даже при наличии защитных покрытий. Установлено, что для получения шероховатости поверхности на уровне $Rz 0,05$ мкм при шлифовании необходимо обеспечить 2 перехода порошком электрокорунд М10 и М5 и 2 перехода алмазным порошком с применением СОЖ на вязкой основе.

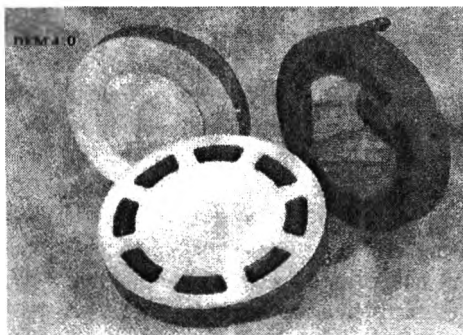


Рис. Одноканальное деформируемое зеркало DEM 410

**Методика определения наладочных параметров
технологического оборудования при двухсторонней
обработки линз**

Козерук А.С., Кузнечик В.О., Шамкалович В.И.,
Каролик Е.П., Подскребкин И.В.

Белорусский национальный технический университет

Получение деталей с точными исполнительными поверхностями зависит от рабочего-оптика, который в каждом случае подбирает наиболее выгодные наладочные параметры станка. Данные непроизводительные затраты времени могут быть уменьшены, если выполнить расчет величины съема припуска с обрабатываемой поверхности в зависимости от значения регулируемых параметров процесса формообразования.

За основу такого расчета принимается гипотеза Ф. Престона. На основании данной гипотезы была построена математическая модель. Выполнен расчет параметра $Q = p \cdot v$ для следующих наладочных параметров технологического оборудования: величины амплитуды L возвратно-вращательного движения инструмента, скоростей вращения детали ω_d и входного звена исполнительного механизма станка ω_2 , диаметра инструмента d_u .

Сущность теоретических исследований заключалась в следующем: для сферических поверхностей рассматриваемого радиуса кривизны установили известные на практике значения ω_d , ω_2 , d_u и рассчитывали Q в точках диаметрального сечения линзы для различных значений L . Назначив L_{optim} и прежние ω_d и ω_2 определили d_u , при котором обеспечивается одинаковый съем припуска по поверхности линзы.

Далее приняли оптимальные L и d_u , а ω_d оставили прежним и провели расчет Q для различных ω_2 . Аналогично определили значение скорости вращения детали ω_d . Численные исследования для плоской поверхности линзы показали, что оптимальные значения амплитуды колебательных движений второго инструмента и число его двойных ходов в минуту аналогичны первому случаю, а d_u меньше.

Следовательно, при выборе размера инструмента для получения высокоточных деталей в условиях свободного притирания необходимо учитывать не только диаметр изделия, но и радиус кривизны обрабатываемой поверхности. Проведенные экспериментальные исследования согласуются с результатами численных исследований.

Содержание

Технические и прикладные науки

Электроэнергетика	3
Теплоэнергетика	68
Энергоэффективные технологии	77
Информационные технологии и автоматизация	91
Информационные технологии в управлении	152
Разработка месторождений полезных ископаемых	168
Металлургические технологии	182
Литейное производство чёрных и цветных металлов	184
Порошковая металлургия, сварка и технология материалов	202
Обработка материалов давлением	223
Материаловедение в машиностроении	238
Теория механизмов и машин	265
Гидропневмоавтоматика	273
Горные машины	288
Автотракторостроение	303
Двигателестроение	328
Техническая эксплуатация автомобилей	354
Инженерная и компьютерная графика	374
Информационно-измерительная техника и технологии	402
Конструирование и производство приборов	426
Опико-электронные и лазерные приборы и системы	449

Научное издание

НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ

Материалы Седьмой международной научно-технической
конференции
В 3 томах

Том 1

Ответственный за выпуск Л.Э. Ляшенко

Подписано в печать 28.10.2009.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 26,62. Уч.-изд. л. 20,82. Тираж 150. Заказ 1184.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.