

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

**Е. Н. Еремин, Г. Н. Миннеханов, Р. Г. Миннеханов**

Применение инокулирующего модифицирования для повышения стойкости литого металла заготовок из нержавеющей стали к межкристаллитной коррозии

Рассмотрена проблема повышения качества центробежных труб из нержавеющей сталей. Предложено для получения таких труб с повышенными механическими и служебными свойствами ввод ферротитана выполнять в печи под шлак после его глубокого раскисления добавкой, содержащей редкоземельные металлы. Перед выпуском расплава из печи расплав необходимо обработать нанодисперсным карбонитридом титана в составе модифицирующего брикета. Выполнение вышеперечисленных условий позволяет повысить предел прочности литого металла на 10–15 %, пластичности на 30–45 % при повышении стойкости к межкристаллитной коррозии по всему сечению отливки.

**Ключевые слова:** сталь 08X18H9T, трубная заготовка, центробежное литье, дисперсный инокулятор, нанодисперсные частицы, модифицированный металл, механические свойства отливок, межкристаллитная коррозия.

**Д. И. Чернявский, Д. Д. Гапон**

Применение законов сохранения энергии и импульса при проведении бестраншейной горизонтальной прокладке коммуникаций

Предложена инженерная методика выбора технических параметров пневмопробойника для горизонтальной забивки стальных труб в основания дорог для проведения различных коммуникаций: электрические кабели, линии связи, канализация и т.д. Методика основана на использовании уравнения связи законов сохранения энергии и импульса, а также уравнения коэффициента восстановления. Рассмотрены примеры горизонтальной забивки труб в сжимаемом грунте. Введено понятие «дополнительная масса» для учета силы трения грунта о трубу. Данная величина добавляется к массе трубы. Она позволяет оценить КПД передачи кинетической энергии от бойка пневмоударника к трубе по мере увеличения заглубления трубы в грунт.

**Ключевые слова:** теория удара, подземная прокладка коммуникаций, пневмоударник, масса бойка, законы сохранения энергии и импульса.

**А. В. Обрывалин, Д. В. Муравьев, К. В. Аверков, А. А. Рауба**

Моделирование процесса образования ползуна на поверхности катания вагонного колеса в лабораторных условиях

В статье представлена конструкция устройства, позволяющего исследовать в лабораторных условиях процесс образования ползуна на поверхности катания колеса. Предложена методика исследования процесса формирования термомеханических повреждений на поверхности катания колеса грузового вагона. Приведены результаты экспериментального исследования движения колеса по рельсу юзом с применением физического моделирования. Выполнена оценка изменения свойств металла колеса в области термомеханического

повреждения с применением металлографического анализа. Сделаны выводы и предложения.

Ключевые слова: колесо, ползун, износ, ремонт, твердость, структура.

### **С. Б. Скобелев, Г. Г. Бурый**

Исследование влияния значений коэффициента обработанности на износостойкость стали 45 при ударно-акустической обработке

В работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов ударно-акустической обработки на износостойкость образцов при испытании в паре трения сталь 45 – Бр АЖ 9-4. Исследовано влияние значений общего коэффициента обработанности на микротвердость и шероховатость обработанной поверхности, а также получены зависимости шероховатости, микротвердости и момента трения в период приработки от значений общего коэффициента обработанности. Определены рациональные значения общего коэффициента обработанности для стали 45, при которых достигается минимальный износ образцов в период приработки.

**Ключевые слова:** ударно-акустическая обработка, износостойкость, момент трения, шероховатость поверхности, микротвердость, приработка, общий коэффициент обработанности.

### **В. А. Соколов, Н. Б. Салыков, А. В. Седикова**

Разработка оборудования для сварки труб из фторопласта-4Д

Представлено описание оборудования, разработанного для подготовки и сварки внахлест трубных заготовок из фторопласта-4Д. Приведены результаты технологических исследований процесса с применением ограничивающих тепловое расширение внутренних и наружных оправок, Приведены рекомендации по выбору режимов сварки.

**Ключевые слова:** фторопласт-4Д, трубная заготовка, кольцевой зазор, тепловое расширение, диффузия, прочность.

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА**

### **Е. Г. Андреева, В. С. Плеханова**

Исследование магнитного поля, его силовых характеристик, свойств материалов электротехнических устройств с незамкнутой магнитной системой

Статья посвящена исследованию магнитных полей и их силовых характеристик в электротехнических устройствах (ЭУ) с незамкнутой магнитной системой (магнитопроводом) различного конструктивного исполнения и функционального назначения. Цель исследования: разработка ЭУ с различным конструктивным исполнением незамкнутых магнитных систем, их математическое и имитационное моделирование с учетом магнитных свойств используемых материалов для улучшения технико-экономических и массогабаритных показателей (энергоэффективности). Методы исследования: численное решение уравнений магнитного поля методом конечных элементов и имитационное моделирование с помощью программных продуктов ANSYS и ELCUT. Результатами исследования ЭУ с незамкнутой магнитной системой различного конструктивного назначения, проводимыми в течение длительного времени, являются разработка концентраторов магнитного поля и создание гибридных магнитных систем.

Вывод: разработанные ЭУ с незамкнутым магнитопроводом позволяют за счет своего конструктивного исполнения и конфигурации магнитного поля увеличивать силовые характеристики магнитного поля, пндеромоторные силы, технико-экономические и эксплуатационные свойства устройств.

**Ключевые слова:** электротехническое устройство, магнитная система (магнитопровод), магнитное поле, силовые характеристики магнитного поля, численное моделирование, программный продукт.

#### **А. В. Бубнов, А. Н. Четверик**

Улучшение динамики электропривода с фазовой синхронизацией, построенного на основе импульсного частотно-фазового дискриминатора с расширенными функциональными возможностями

Электропривод с фазовой синхронизацией, широко используются в тепловизионных и лазерных сканирующих системах благодаря высоким динамическим характеристикам в широком диапазоне регулирования угловой скорости. Целью статьи является разработка способа управления электроприводом с фазовой синхронизацией, реализованного на основе импульсного частотно-фазового дискриминатора с расширенной линейной зоной в режиме фазового сравнения входных импульсных последовательностей. Усовершенствован способ управления электроприводом с фазовой синхронизацией с реализацией системы управления на основе импульсного частотно-фазового дискриминатора с расширенными функциональными возможностями. Предложены схемные реализации логического устройства сравнения с расширенной линейной зоной ИЧФД в режиме фазового сравнения, позволяющие улучшить динамику электропривода в режиме синхронизации.

**Ключевые слова:** электропривод с фазовой синхронизацией, импульсный частотно-фазовый дискриминатор, логическое устройство сравнения, дискриминатор, линейная зона.

#### **В. Р. Ведрученко, А. В. Штиб, И. И. Малахов**

О моделировании задачи оптимизации показателей экологичности судовой энергетической установки как сложной технической системы

Представлена математическая модель задачи оптимизации показателей экологичности сложных технических систем по критерию минимума суммарных затрат. Разработанный критерий оптимизации позволяет учитывать как эксплуатационные затраты, так и показатели риска аварий при эксплуатации сложных систем. Эффективность разработанных моделей подтверждена результатами моделирования.

**Ключевые слова:** численное моделирование, экологичность и экономичность сложной теплоэнергетической системы, показатели риска аварий, эксплуатационные затраты, критерий минимума суммарных затрат.

#### **Е. В. Птицына, Д. В. Птицын, А. Б. Кувалдин**

Работа смешанной нагрузки в режиме с питанием током сложной формы

В статье на примере смешанной нагрузки с питанием током сложной формы, подключенной к узлу питания (на физической модели электрической печи сопротивления косвенного и прямого нагрева с темными инфракрасными излучателями и энергосберегающими источниками света, и низковольтного электродного водоподогревателя

и энергосберегающими источниками света), представлены результаты экспериментальных исследований энергетических, технологических параметров нагрузки в установившемся режиме после коммутации в сети. Цель работы – исследование электрических режимов смешанной нагрузки в узле питания (электротехнологических и осветительных установок) для разработки рекомендаций по выбору эффективных режимов работы смешанной нагрузки при питании током сложной формы для разработки автоматизированных систем управления. Установлено, смешанная нагрузка с питанием током сложной формы продолжает работать в эффективном режиме после коммутации в сети. Для повышения эффективности управления смешанной нагрузкой необходимо использовать два канала регулирования: по амплитуде напряжения (тока) и по спектру частот.

**Ключевые слова:** электрическая печь сопротивления прямого и косвенного нагрева, ток сложной формы, низковольтный электродный водоподогреватель, темный инфракрасный излучатель, источник света.

**В. В. Харламов, А. В. Скляр, Д. И. Попов, А. В. Ерошенко**

Математическая модель асинхронного двигателя с учетом пазовых гармоник в индукции магнитного поля и неисправностей различного типа

В статье приводится математическая модель асинхронного двигателя, учитывающая возникновение пазовых гармоник в индукции магнитного поля в воздушном зазоре. Данная модель может использоваться при разработке методов спектр-токового анализа тока статора асинхронных двигателей. Получены результаты математического моделирования работы асинхронного двигателя малой мощности с наличием неисправностей различного типа. Сделан вывод о возможности применения спектр-токового анализа для определения частоты вращения ротора асинхронного двигателя при наличии в нем неисправностей.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, математическая модель, воздушный зазор, дефекты двигателя, пазовые гармоники.

**П. А. Батраков, Д. Г. Мумладзе**

Исследование моделей горения в химическом реакторе печного типа при нестехиометрическом способе сжигания топлива в программном комплексе Ansys CFX

В статье рассмотрен вопрос по расчету камеры сгорания химического реактора в программном комплексе Ansys CFX, который позволяет определить тепловые характеристики, а также концентрации CO, CO<sub>2</sub> на выходе при применении различных коэффициентов расхода воздуха. В работе представлена расчетная модель, начальные условия и описаны алгоритм расчета и формирование диффузионной схемы. Проведена верификация методики на адекватность при сравнении численной модели в ANSYS CFX с литературными данными, которая показала максимальное расхождение 6,92 %. Расчеты показали, что режим работы реактора будет соблюдаться при  $\alpha < 1$ .

**Ключевые слова:** химический реактор, камера сгорания, нестехиометрия, коэффициент расхода воздуха.

**Д. В. Борисенко, И. В. Присухина, С. А. Лунёв**

Машинная классификация режима работы электрической рельсовой цепи на основе логистической регрессии

Электрическая рельсовая цепь широко применяется на железнодорожном транспорте в качестве датчика информации о положении подвижных единиц и исправности пути. Повышение эффективности систем мониторинга рельсовых цепей требует решения задачи автоматического анализа информации об их состоянии. В этой статье под такой задачей мы понимаем автоматическую классификацию режима работы электрической рельсовой цепи. Для решения задачи мы разработали алгоритм машинной классификации на основе логистической регрессии. В статье представлены основные этапы разработки алгоритма, выполнено их теоретическое обоснование, продемонстрирована работа алгоритма на синтезированных данных.

**Ключевые слова:** железнодорожная автоматика, электрическая рельсовая цепь, машинное обучение, классификация, логистическая регрессия.

**А. Г. Михайлов, О. В. Вдовин, Е. Н. Слободина**

Теплообмен в элементах жаротрубного котла с изменением теплофизических свойств теплоносителя

В статье предложено решение проблем, связанных с интенсификацией теплопереноса со стороны высокотемпературного органического теплоносителя. Приведены основные преимущества высокотемпературных теплоносителей. Рассмотрены процессы переноса теплоты теплопроводностью и конвекцией. Представлено критериальное уравнение, характеризующее теплообмен в объеме высокотемпературного органического теплоносителя при естественной конвекции. Дано описание наножидкости и ее основные характеристики. Представлены существующие модели расчета основных теплофизических свойств наножидкости (плотность, теплоемкость, вязкость и теплопроводность). По результатам расчетного эксперимента построены графики зависимости плотности, теплоемкости, вязкости, коэффициента теплопроводности, числа Грасгофа и коэффициента теплоотдачи дитолилметана и наножидкостей на его основе (дитолилметан + Cu (1 %) и дитолилметан + Cu (5 %)) от температуры.

**Ключевые слова:** высокотемпературный теплоноситель, жаротрубный котел, наножидкость, теплопроводность, коэффициент теплоотдачи, неводной теплоноситель.

**Д. И. Попов**

Математическое моделирование физических процессов в испытательных комплексах электрических машин

Статья посвящена изучению вопроса создания энергоэффективных испытательных комплексов, предназначенных для испытания асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока методом взаимной нагрузки. Для рассмотренных схем составлены математические модели, позволяющие исследовать статические и динамические режимы работы как в испытуемой и нагрузочной машинах, так и в элементах преобразователя частоты. Практическая ценность полученных математических моделей состоит в том, что они могут быть применены в процессе проектирования новых испытательных комплексов для определения необходимых параметров оборудования при известных параметрах испытуемых двигателей, а также для моделирования переходных процессов в электрических

цепях схемы испытаний с целью виртуальной проверки возможных алгоритмов задания нагрузки испытываемому двигателю.

**Ключевые слова:** испытательный комплекс, электрическая машина, нагрузочные испытания, математическая модель, частотный преобразователь.

#### **Е. М. Резанов**

Повышение технико-экономической эффективности работы термомаслогрейных котельных агрегатов

Рассмотрены преимущества тепловой работы термомаслогрейных котлов. Предложен алгоритм определения оптимальной температуры подогрева воздуха, необходимого для горения топлива в котлоагрегатах нефтехимического производства, исходя из минимума суммарных дисконтированных затрат на рекуперативное устройство и сжигаемое топливо. Обоснована целесообразность использования разработанного алгоритма, что позволяет снизить расход топлива, повысить коэффициент полезного действия термомаслогрейного котельного агрегата.

**Ключевые слова:** эффективность, затраты, воздух, теплопередача, топливо, котельный агрегат, температура.

#### **А. Ю. Финиченко, А. А. Таргачев**

Подбор оптимальных параметров системы солнечного коллектора на основе климатических данных для выбранной локации

Произведен сбор климатических ежедневных данных за годовой период для заданной локации, первичный анализ полученных данных и подробная визуализация положения Солнца в течение года, выбор оптимальных технических параметров системы солнечного коллектора на основе климатических данных для выбранной локации (г. Омск). Приведена методика подбора солнечного коллектора.

**Ключевые слова:** солнечный коллектор, энергосбережение, тепловая энергия, климат, гелиосистема, отопление, горячее водоснабжение.

#### **В. П. Белоглазов, Л. В. Мостовенко**

К вопросу о «реламинизации»

Целью публикации является выявление особенностей улавливания в инерционно-вакуумном золоуловителе. Инерционно-вакуумный золоуловитель (ИВЗ) – это золоулавливающий аппарат инерционного типа, имеющий степень очистки газов свыше 95 %. Актуальность статьи подтверждается государственной программой развития энергетики, заинтересованной в модернизации золоулавливающих аппаратов в связи с понижением ПДК золы, выбрасываемой электростанциями в воздух. К задачам, рассматриваемым в статье, относится описание процесса реламинизации, представление его возникновения, расчет соответствующих значений для подтверждения его присутствия при процессе золоулавливания в ИВЗ. Результатами исследования являются расчеты, которые сопровождаются выводами.

**Ключевые слова:** процесс реламинизации, золоулавливание, режим течения, инерционно-вакуумный золоуловитель, запыленный поток, инновация.

**Ф. А. Лосев, В. В. Сушков**

Разработка методики и алгоритмов оценки влияния несимметричных провалов напряжения на устойчивость узла асинхронной электродвигательной нагрузки нефтяных месторождений

Актуальной задачей является оценка устойчивости узла асинхронной электродвигательной нагрузки при несимметричных провалах напряжения. В работе рассмотрены математические модели асинхронного двигателя, трансформатора и линии для прямой и обратной последовательностей, на основании которых разработаны методика и алгоритмы оценки устойчивости узлов нагрузки. Результаты моделирования показали, что увеличение напряжения обратной последовательности приводит к уменьшению коэффициента запаса устойчивости по напряжению узла асинхронной электродвигательной нагрузки.

**Ключевые слова:** узел асинхронной электродвигательной нагрузки, несимметричный провал напряжения, динамическая устойчивость, коэффициент запаса устойчивости по напряжению.

**Е. С. Флек**

Разработка и анализ физической и математической моделей горения единичных капель водоугольного топлива в топках котельных установок

Рассмотрено одно из направлений повышения эффективности использования угля – сжигание его в виде суспензии водоугольного топлива (ВУТ). Разработаны физическая и математические модели горения капли ВУТ с разделением данного процесса на последовательность повторяющихся стадий испарения влаги и выгорания твердой фазы. Получена формула для расчета времени выгорания единичной капли ВУТ на основе уравнения Срезневского. Представлены и проанализированы результаты вычисления времени горения капли в зависимости от радиуса капли и содержания влаги.

**Ключевые слова:** водоугольное топливо, воспламенение капли ВУТ, горение капли ВУТ, физическая модель горения капли ВУТ, математическая модель горения капли ВУТ.

**А. О. Шепелев, С. С. Гиришин, В. Н. Горюнов, О. А. Сидоров, К. В. Хацевский, Е. Ю. Шепелева**

Математическое моделирование электрического режима замкнутой питающей сети с учётом температурной зависимости активных сопротивлений

В статье рассмотрена задача расчёта режима электрической сети с двухсторонним питанием с учётом температурной зависимости активных сопротивлений. Целью статьи является анализ режимов электрической сети с учётом и без учёта взаимного влияния электро-тепловых процессов. Совместное решение уравнений электрического и теплового режимов реализовано на основе коррекции температур при формировании матрицы Якоби на каждой итерации решения уравнений узловых напряжений. Учёт температурной зависимости активных сопротивлений позволяет уточнить параметры режима электроэнергетической системы. На основании полученных результатов следует, что при учёте тепловых процессов существенно уточняются токи, отклонения напряжения и потери мощности в сети. Наибольшая степень уточнения имеет место при расчете потерь активной мощности.

**Ключевые слова:** электрический режим, температурная зависимость, метод Ньютона, активное сопротивление.

## **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

**Ю. М. Вешкурцев**

Модем нового поколения для будущих систем передачи данных. Часть 1

Рассмотрены новые методы модуляции и демодуляции сигнала, реализованные на уровне изобретения в структуре модема. Теоретически исследована и статистическим моделированием подтверждена помехоустойчивость модема при работе в канале без помех.

**Ключевые слова:** характеристическая модуляция, демодуляция, помехоустойчивость модема, вероятность ошибок, оценка, характеристическая функция.

**В. А. Захаренко, Я. Р. Веприкова, Д. Ю. Кропачев**

Пирометр для измерения температуры расплавов

В статье описан новый подход к измерениям температуры расплавов при помощи оптоволоконного пирометра. Проведён аналитический обзор методов и средств измерения температуры высокотемпературных расплавов. Приведены эксплуатационные характеристики материалов чехлов для контактной термометрии. Представлены расчёты и экспериментальные результаты по обоснованию спектральных характеристик материалов тигля излучателя тип модели абсолютно черного тела. Отражён расчёт конструкции тигля. Приведены результаты натуральных испытаний предложенного пирометра при измерениях температуры расплава в закалочной печи на Омском предприятии ОАО «Омсктрансмаш».

**Ключевые слова:** абсолютно черное тело, температура расплавов, коэффициент черноты, тигель, пирометр, визирная труба.

**Р. Б. Бурлаков**

Определение удельного сопротивления омических контактов к полупроводниковым пластинам методом Кокса-Стрека

Рассмотрен модифицированный вариант метода Кокса-Стрека, который позволяет уменьшить количество фронтальных контактов на тестовом образце до 2 и одновременно исключить операцию экстраполяции графиков при определении удельного контактного сопротивления  $R_K$ . Показано, что вклад контактного сопротивления  $R_K$  в полное сопротивление  $R_T$  тестовой структуры принимает более высокие значения, когда диаметр  $d$  фронтального контакта лежит в интервале 40–1040 мкм, что способствует более эффективному процессу контроля удельного сопротивления омических контактов к полупроводниковым пластинам.

**Ключевые слова:** омические контакты, полупроводниковая пластина, измерение контактного сопротивления, метод Кокса-Стрека, оптимизация измерений.

**В. Ф. Ковалевский, С. Б. Скобелев, Г. Г. Бурый**

Применение электрогидравлического эффекта для снятия облоя с выводов пластмассовых деталей

В работе проведен обзор методов очистки пластмассовых деталей от облоя. Рассмотрен принцип работы установки для получения электрогидравлического эффекта Л. А. Юткина.



Представлена конструкция опытной установки, а также сменных приспособлений, применяемых для снятия облоя с выводов пластмассовых деталей. Приведены результаты экспериментальных исследований применения электрогидравлического эффекта для удаления облоя.

**Ключевые слова:** выводы пластмассовых деталей, электрогидравлический эффект, облой, приспособление для очистки, искровой разряд, наклеп.

**Е. В. Леун**

Вопросы построения зондовых приборов активного контроля размеров изделий

В статье представлены зондовые приборы активного контроля (ПАК) размеров изделий, описаны состав, варианты, принцип и режимы работы. Измерения осуществляются за счет двухкоординатных виброколебаний наконечника по замкнутой траектории с участком сонаправленного движения и механического контактирования  $l_k$  с поверхностью движущегося изделия. На этом участке наконечник движется  $v_{нак}$  с небольшим отставанием от изделия  $v_{изд}$  с малой относительной скоростью  $\Delta v = v_{нак} - v_{изд} \approx 0$ , реализуя скользящее ощупывание, подобно игле профилометра или кантилевера, с измерением его положения по двум координатам  $l_x$  и  $l_y$ . Измерения состоят из последовательности таких ощупываний. В статье обсуждаются вопросы функциональных возможностей, непрерывности и точности измерений зондовых ПАК.

**Ключевые слова:** активный контроль, размер изделия, сканер, вибродвигатель, пьезодвигатель, зондовая микроскопия, наконечник.

**Е. В. Леун, В. И. Леун**

Особенности контактирования прозрачных и высокопрочных измерительных наконечников приборов активного контроля размеров с изделиями в процессе их шлифования

Статья посвящена анализу нагрузочной способности измерительных наконечников приборов активного контроля (ПАК) размеров с изделиями при их механическом контактировании. Рассчитывается значение глубины вдавливания в изделие измерительных наконечников, приводящее к образованию погрешности измерения. Рассмотрены прозрачные и высокопрочные материалы для изготовления измерительных наконечников.

Определен режим механического взаимодействия для экспериментальных исследований особенностей контактирования сапфирового наконечника и фрезы из быстрорежущей стали и рассчитано значение удельной энергии при таком контактировании. Показано, что возникающие при этом нагрузки, имея  $\approx 40$  кратный запас прочности и соответствуя режиму квазипластичности, не приводят к хрупкому разрушению.

**Ключевые слова:** активный контроль, контактные измерения, бесконтактные измерения, размер изделия, корунд, сапфир, наконечник.

**Е. В. Николаева, М. Ю. Николаев, А. С. Молодцов, Н. Е. Пимнева, М. В. Казаков**

Измерение зубчатых косозубых шестерней и червячных колес на координатно-измерительной машине

Разработана и внедрена новая методика измерений геометрических характеристик деталей сложной криволинейной формы на координатно-измерительной машине КИМ-1000 российской фирмы «Лапик». Новая методика позволяет измерить основные параметры

косозубых зубчатых колес и червячных пар с высокой точностью до 2 мкм. Контроль и измерение геометрических характеристик деталей возможны, не только с винтовой, но и с резьбовой и прерывистой поверхностью. Полученная экспериментальная методика измерений на координатно-измерительной машине позволяет исключить все многообразие низкопроизводительного ручного инструмента и оборудования, повысить точность и эффективность. Внедрение автоматического измерения на координатно-измерительной машине позволяет исключить ряд субъективных погрешностей оператора.

**Ключевые слова:** координатно-измерительные машины, зубчатые колеса, червячные колеса, ходовые винты, резьбовые детали, экспериментальная методика измерений.

### **П. И. Пузырёв, С. А. Завьялов, В. В. Ерохин В. Ю. Шеин**

Низкоскоростной модем для передачи данных малого объема в средневолновом диапазоне частот для территории Арктики

В данной работе рассмотрена реализация низкоскоростного модема для передачи данных малого объема, таких как короткие текстовые сообщения, бедственные сообщения, команды, извещения, координаты и т.п. В модеме используется ортогональная 64-х позиционная частотная манипуляция, характеризующаяся меньшей вероятности битовой ошибки, возможностью некогерентной демодуляции и постоянной огибающей. Структура модема разработана для реализации в программном виде и для реализации на языках описания аппаратуры для SDR систем. Рассмотрена процедура первичной временной синхронизации, обнаружения, кадровой синхронизации и демодуляции. Использование низкоскоростного модема позволит расширить зону покрытия радиосвязью на территории Арктики, где отсутствуют сети сотовой связи.

**Ключевые слова:** модем, многопозиционная частотная манипуляция, обнаружитель.

### **Н. А. Семенюк, Ю. В. Кузнецова, Вад. И. Суриков, Вал. И. Суриков, А. А. Теплоухов**

Применение диоксида ванадия в приборах акустического каротажа

Проведено исследование элементного состава образцов диоксида ванадия, применяемого в качестве термодатчика в каротажных комплексах после серии 0, 15, 30, 50 термоциклов. Изучено влияние термоциклирования на элементный состав поверхности диоксида ванадия и электрические свойства VO<sub>2</sub> в окрестностях фазового перехода. Установлено изменение электрических свойств материала в области фазового перехода металл–полупроводник. Выявлено, что величина скачка электросопротивления при фазовом переходе заметно меньше для образца, после серии 50 термоциклов, по сравнению с исходным образцом.

**Ключевые слова:** диоксид ванадия, фазовый переход металл-диэлектрик, электрические свойства, дефекты Шоттки, элементный состав.

## **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

### **В. Н. Задорожный, Е. Б. Юдин, В. А. Бадрызов**

Распределения степеней вершин в растущих графах: методы расчета с контролем погрешностей

Разрабатываются методы для расчета финальных распределений степеней вершин в растущих графах с нелинейным правилом предпочтительного связывания. Решается задача

контроля погрешностей расчета. Для определения основных свойств рассчитываемых распределений выводятся их аналитические представления. Приводятся примеры расчета с контролем погрешностей.

**Ключевые слова:** случайные графы с нелинейным правилом предпочтительного связывания, распределение степеней связности вершин, численные методы.

**В. Г. Хомченко, И. М. Зуга, А. Н. Кужель, А. О. Строев**

Локальная аппроксимация рельефа при детерминированных методах оптимизации схем размещения объектов производственных комплексов на пересеченной территории

Предложена аппроксимация рельефа в окрестностях расположения объекта на текущей вычислительной итерации с использованием интерполяционного полинома Лагранжа. Приведены формулы для оперативного перевода при каждой итерации координат равномерной геодезической сетки в требуемые в ходе оптимизационного процесса локальные координаты 16-ти реперных точек. Локализация окрестности рельефа производится алгоритмически в зависимости от текущих значений координат центра геометрического образа основания определенного объекта.

На примере рельефа реальной местности дана сравнительная оценка принятой локальной аппроксимации с результатами программного продукта AutoCad Civil 3D.

**Ключевые слова:** пересеченный рельеф местности, локальная аппроксимация, схемы размещения производственных объектов, интерполяционный полином Лагранжа.

**И. М. Зуга, В. Г. Хомченко, А. Н. Кужель, А. О. Строев**

Математическая модель проектирования оптимизированных схем расположения производственных объектов на пересеченной местности

Получена математическая модель учета расположения производственных объектов на территории с пересеченным рельефом. Предлагаются два критерия для поиска оптимального взаиморасположения объектов-источников и объектов-приемников технологических продуктов с учетом перепада высот. Введен признак объекта-источника. Приведены примеры заполнения таблиц уровней коммуникационных затрат в вертикальном направлении и таблицы признака объекта-источника.

**Ключевые слова:** пересеченный рельеф территории, производственные объекты, схемы расположения, оптимизационный синтез.

**С. В. Федоров**

Снижение погрешностей при решении задач теплопроводности методом конечных элементов

В статье представлен метод выбора шага по времени при решении нестационарных задач теплопроводности. Произведено сравнение с аналитическим решением. Предложен алгоритм выбора шага в автоматическом режиме. Применение данной методики позволяет существенно сократить затраты машинного времени на проведение расчета нестационарного температурного поля без ущерба в точности.

Указанная методика реализована в программе «Tempreg-3d», используемой для выполнения теплотехнических расчетов ограждающих конструкций.

**Ключевые слова:** метод конечных элементов (МКЭ), теплотехнический расчет МКЭ, «Temper-3d», валидация EN ISO 1021, автоматическая генерация конечно-элементной сети.

**Р. А. Хахимов**

Идентификация математической модели процесса гидроочистки дизельного топлива для создания системы оптимизации группы технологических установок нефтеперерабатывающего завода

В статье рассмотрена динамическая оптимизация сложных технологических процессов на примере процесса гидроочистки дизельного. Целью исследования является создание системы оптимизации группы технологических установок в реальном времени. Актуальность исследования определяется тем, что существующие системы оптимального управления решают задачи локальной оптимизации одного технологического процесса, а не задачу глобальной оптимизации цепочек установок нефтеперерабатывающего предприятия. Также существует проблематика отсутствия интеграционного решения между системами оптимального планирования и системами управления технологическими установками. В качестве интеграционной системы предлагается использование системы оптимизации группы технологических установок, согласно иерархии систем управления нефтеперерабатывающим предприятием, рассмотренной в данной статье. В рамках исследования была проведена идентификация технологического процесса для получения математической модели нескольких установок различной мощности при помощи применением методов регрессионного анализа исторических данных. Модель была оценена при помощи статистических оценок и удовлетворяет требованиям точности и адекватности. В результате исследования была рассчитана математическая модель гидроочистки для решения задачи минимизации потребления энергоресурсов при соблюдении ограничения по качеству продукции. Качество полученной модели подтверждает, что создание системы оптимизации группы технологических установок в реальном времени возможна, а модель может быть использована в динамической оптимизации цепочки производства дизельного топлива.

**Ключевые слова:** системы усовершенствованного управления технологическим процессом, математическое моделирование процесса гидроочистки дизельного топлива, идентификации технологического процесса, регрессионный анализ, оптимизация группы установок.

**А. С. Серобабов, Е. В. Чебаненко, Л. А. Денисова, Т. С. Кролевец**

Разработка экспертной системы ранней диагностики заболеваний: программные средства первичной обработки и выявление зависимостей

Рассмотрены инструментальные средства описательной статистики для обработки биомедицинской информации данных клинических исследований болезней печени. Разработана структура программного комплекса первичной обработки данных, характеризующих состояние пациентов, включая результаты лабораторных исследований, информацию о сопутствующих заболеваниях, а также о физиологических параметрах пациентов. Получена карта взаимосвязей результатов исследования состояния пациентов, позволяющая выявлять зависимости между показателями болезней печени для разработки экспертной системы ранней диагностики заболеваний.

**Ключевые слова:** описательная статистика, экспертная система, ранняя диагностика, неалкогольная болезнь печени, корреляционный анализ.