

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

### **И. В. Бояркина**

Удельная энергоёмкость процессов копания грунтов и материалов ковшем технологической машины.

Установлена связь физических параметров удельного сопротивления копанию с удельной энергоёмкостью процесса копания ковшем материалов и грунтов. Представлены таблицы удельного сопротивления грунта копанию и резанию, которые являются обобщением статистических результатов многочисленных исследований. Уточнены диапазоны изменения удельного сопротивления копанию грунтов ковшами в соответствии с числом ударов динамического плетномера, получены средние значения удельных сопротивлений копанию для разных категорий прочности, грунтов. Выполненные исследования позволили установить связь удельного сопротивления копанию материалов с удельной энергоёмкостью процесса. На энергоёмкость процесса копания прочности грунта влияет категория грунта, толщина стружки, коэффициент разрыхления и другие параметры.

**Ключевые слова:** удельное сопротивление, прочность, удельная энергоёмкость.

### **С. А. Корнеев, В. С. Корнеев, Д. А. Романюк**

Энергетический метод расчёта нагрузочных характеристик резинокордной плоской муфты с учётом несоосности соединяемых валов.

Резинокордные плоские муфты конструкции ФНПЦ «Прогресс», защищенные патентами РФ, обладают рядом достоинств, главными из которых являются малые осевые размеры и возможность компенсации значительных радиальных, осевых и угловых смещений соединяемых валов в приводах широкого диапазона значений передаваемого крутящего момента. В статье используется термодинамический подход для описания нагрузочных характеристик упругого элемента муфты при произвольных монтажных смещениях полумуфт и углах закрутки. Получены определяющие соотношения в квадратичном приближении потенциальной функции с учётом температуры.

**Ключевые слова:** резинокордная муфта, несоосность валов, термодинамика деформирования, определяющие соотношения, нагрузочные характеристики.

### **С. В. Корнеев, С. В. Пашукевич, Д. С. Рыбальский, В. Д. Бакулина, Р. В. Буравкин, Н. Ю. Мачехин, И. И. Ширлин**

Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя

Представлен вариант анализа показателей качества дизельного топлива, которые влияют на работоспособность и долговечность двигателей, такие как содержание серы, зольность и некоторые другие. Проведён анализ топлива на хромато-масс-спектрометре, который выявил, что содержание серы в полученных пробах находится на недопустимо высоком уровне. Это приводит к нарушениям в работе дизельных двигателей, что отображено на реальных примерах. Проведённая работа позволила сделать выводы о необходимых требованиях к топливу и моторному маслу, что было реализовано за счёт совершенствования их производства.

**Ключевые слова:** дизельное топливо, моторное масло, двигатель внутреннего сгорания, концентрация серы.

**В. Н. Тарасов, Г. Н. Бояркин**

Совершенствование теории вибровозбудителей

Рассмотрена теория центробежных дебалансных вибровозбудителей, у которых инерционный элемент с неуравновешенной вращающейся массой снабжен опорами качения. Исследована зависимость мощности электродвигателя от вынуждающей силы дебаланса. Получено аналитическое выражение динамической вынуждающей силы, исследованы параметры вибровозбудителя. Получена новая формула центра масс дебаланса, массы дебаланса, вынуждающей силы и мощности.

**Ключевые слова:** дебаланс, вибровозбудитель, вынуждающая сила, мощность.

**С. П. Бобров, В. А. Баранов, Т. В. Селявина, Д. А. Устинов, И. Ю. Ефимов**

Улучшение технологичности при производстве кольца резинометаллического без ухудшения показателей прочности связей изделия

Показан эффект от применения клеёв, вместо технологической операции дорнования, при производстве резинометаллических колец. Представлена конечно-элементная модель изделия и объёмная эпюра деформаций. Приведены результаты испытания изделия. Описан результат от применения улучшенной технологии изготовления резинометаллических колец.

**Ключевые слова:** Резинометаллические кольца, прочность связей, вулканизация резины, величина перемещений.

**Е. В. Кривонос, И. К. Черных, Е. Н. Матузко, Е. В. Васильев**

Анализ дефектов, возникающих при сварке трением с перемешиванием

В современном машиностроении широко используется относительно новый метод сварки – сварка трением с перемешиванием. Наиболее часто этот метод применяют при изготовлении ракет для сваривания обечаек. Целью исследования является анализ дефектов, возникающих при использовании этого метода сварки. Исследование проводилось на вертикально-фрезерном станке, оборудованном для сварки трением с перемешиванием. Контроль сварного соединения проводился при помощи ультразвукового дефектоскопа. Результатом исследования является разработка конструкции приспособления, применение которого устраняет один из наиболее часто возникающих дефектов – «образование грата».

**Ключевые слова:** сварка трением с перемешиванием, дефект, грат.

**В. Ю. Путинцев, А. А. Новиков, Д. А. Негров, О. Ю. Бургонова, К. Н. Пантюхова, А. Р. Мулюкова**

Влияние режимов термической обработки на коэффициент акустических потерь в материале ультразвукового инструмента

В статье рассматриваются режимы термической обработки и их влияние на структуру и свойства материала ультразвукового инструмента. Эффективность передачи энергии ультразвуковых колебаний в обрабатываемую зону напрямую связано с правильным

выбором параметров термической обработки ультразвукового инструмента, которая формирует его механические и эксплуатационные свойства.

Определены оптимальные режимы закалки и отпуска стали 30ХГСА, применяемой для изготовления ультразвукового инструмента, которая должна обладать вязкоупругими свойствами, низким коэффициентом акустических потерь, а также высокой усталостной прочностью.

В результате проведенных исследований цилиндрических образцов резонансной длины из стали 30ХГСА установлено, что коэффициент акустических потерь существенно зависит от режимов термической обработки. После отпуска при температуре 500 °С коэффициент акустических потерь составляет 1,32 единицы, что на 14,28 % меньше, чем при температуре отпуска 540 °С (1,54 ед.).

**Ключевые слова:** ультразвук, ультразвуковой инструмент, термическая обработка, отпуск, 30ХГСА, коэффициент волновых потерь.

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. ЭНЕРГЕТИКА

### **А. В. Бубнов, Г. В. Мальгин, В. Д. Ровкин**

Оптимизация закона управления при пуске асинхронного электропривода с фазным ротором на основе моделирования динамических режимов его работы

В статье рассмотрен подход к оптимизации параметров системы управления асинхронного электропривода с фазным ротором с помощью численного моделирования электротехнического комплекса. Реализована численная модель электротехнического комплекса «Асинхронный двигатель с фазным ротором – Производственный механизм». Модель реализована в программном продукте «AdFr» в среде визуального программирования Delphi. В качестве инструмента расчета использован специализированный численный метод и алгоритм, реализованный в виде визуальных компонентов MIntegr и MVisual. Рассмотрены особенности анализа динамических режимов, с учетом дискретно-непрерывного характера системы управления. Смоделированные режимы работы электропривода могут быть использованы для формирования требуемых динамических характеристик. Приведено сравнение параметров системы управления полученных по разработанной методике и по классической методике формирования переходных режимов.

**Ключевые слова:** релейно-контактная система управления, асинхронный электропривод, фазный ротор, численное моделирование, численный метод, математическая модель, программный продукт.

### **В. Р. Ведрученко, В. В. Крайнов, Е. С. Лазарев, П. В. Литвинов**

Индексирование как метод регулирования и диагностирования параметров рабочего процесса дизельного двигателя

Сформированы требования к индикаторной диаграмме дизеля как к основному экспериментальному материалу при испытаниях и исследованиях двигателя на разных по свойствам топливах. Приведена классификация индикаторов и рекомендации по их выбору для конкретных условий испытания дизеля. Рассмотрены различные конфигурации индикаторных диаграмм рабочего процесса двигателя и их связь с особенностями регулировки параметров рабочего процесса, необходимых при переводе дизеля на другие сорта и марки топлива. Проанализированы современные измерительные

комплексы для диагностирования и визуального наблюдения за развитием рабочего процесса дизельного двигателя.

**Ключевые слова:** индикаторная диаграмма, альтернативное топливо, давление газов в цилиндре, угол опережения впрыска топлива.

**В. К. Федоров, В. В. Федянин, Д. В. Федоров**

Алгоритм формирования широтно-импульсной модуляции с несущей частотой в режиме детерминированного хаоса

В статье рассмотрен вопрос уменьшения гармонических искажений связанных с ростом нелинейной нагрузки в виде частотно-регулируемых асинхронных двигателей, импульсных источников питания, инверторов синусоидального напряжения, корректоров коэффициента мощности.

Метод исследования. Использован имитационный и экспериментальный метод исследования. Метод имитационного моделирования основан на использовании алгоритмических моделей, реализуемых на ЭВМ, для исследования процесса функционирования систем. Метод экспериментального исследования заключается в анализе полученных осциллограмм и сопоставлении результатов имитационной и физической модели.

Результаты. По результатам исследования предложена широтно-импульсная модуляция с хаотически изменяющейся несущей частотой. Подход такого рода позволил уменьшить уровень амплитуд гармоник высшего порядка, электромагнитных помех и улучшить качество генерируемого выходного напряжения. Проведенные в работе исследования могут быть использованы на стадии проектировки устройств силовой электроники, а также для проведения дальнейших исследований направленных на применение детерминированного хаоса в электротехнике.

Цель работы: улучшение спектрального состава и качества напряжения приборов силовой электроники с помощью хаотического изменения несущей частоты широтно-импульсной модуляции.

**Ключевые слова:** широтно-импульсная модуляция, силовая электроника, преобразователи частоты, детерминированный хаос.

**С. С. Гиршин, А. С. Ширяев, А. А. Ляшков, А. Т. Калимуллин**

Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в неразветвленной сети с учетом температуры токоведущих частей

Рассмотрен способ повышения эффективности ввода мероприятий, направленных на минимизацию потерь электроэнергии на примере простейшей электрической сети. Представлены результаты сравнительных расчётов без учёта и с учётом температуры элементов сети (линий и трансформаторов), произведена оценка погрешности расчёта сроков окупаемости и приведённых затрат, возникающая в результате неучёта тепловых процессов. На основании полученных результатов может быть разработана методика для разветвленных систем электроснабжения, направленная на уменьшение величины потерь электроэнергии в распределительном комплексе МРСК.

**Ключевые слова:** мероприятия по снижению потерь энергии, тепловые процессы, температурная зависимость сопротивления, линии электропередачи, трансформаторы, электрическая сеть.

**Е. М. Кузнецов, Д. О. Павлов**

Прямое измерение скорости вращения погружных асинхронных электродвигателей установок для нефтедобычи

Рассматривается измерение скорости вращения погружного асинхронного электродвигателя (ПЭД) путем размещения на его валу на диэлектрических шайбах, находящихся по двум торцевым сторонам к немагнитных промежуточных подшипников ротора 4к четырехполюсных магнитов с радиально-намагниченными разнополярными зонами, ориентированных строго в одном направлении. Измерительная информация формируется непосредственно статорной обмоткой ПЭД, передается на поверхность по силовому кабелю и снимается через трансформатор тока и полосовой фильтр с фазы кабельной линии. Приводятся результаты схемотехнического моделирования в программном комплексе EWB 5.12, подтверждающие достоверность получения измерительной информации.

**Ключевые слова:** высококоэрцитивные магниты, синхронное и синфазное вращение, ЭДС.

**А. Д. Эрнст, Д. Ю. Руди, А. А. Руппель, А. И. Антонов, В. И. Клеутин, К. В. Хацевский, Т. В. Гоненко, С. И. Петров**

Особенности динамических переходных процессов в генераторах распределённой энергетики

Современное развитие распределённых источников ЭЭ в России невозможно без развития средств, позволяющих повысить запас динамической устойчивости. Важным условием надёжной работы собственных источников электроэнергии является устойчивость синхронных генераторов. В данной работе приведены особенности динамических переходных процессах в газотурбинных установках. Актуальность исследования связана с тем, что в настоящее время в России распределённые источники энергии имеют небольшую мощность. С этим связано потери запаса динамической устойчивости при КЗ или значительных перегрузках.

**Ключевые слова:** переходные процессы, динамическая устойчивости, особенности устойчивости, распределённая энергетика, устойчивости генераторов.

**А. В. Дед**

К проблеме современного состояния уровней показателей несимметрии напряжений и токов в сетях 0,4 кВ

В статье представлены результаты измерений показателей качества электрической энергии в наиболее проблемных с точки зрения качества электроэнергии распределительных сетях 0,4 кВ. Результаты измерений, выполненные в сетях организаций различных сфер деятельности, приведены в виде временных диаграмм. Определено, что в сетях 0,4 кВ значения коэффициентов несимметрии токов по обратной и нулевой последовательностей могут принимать значение до 30 %. Данные измерений подтверждают наличие существования режимов несимметрии токов и напряжений.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, несимметричная нагрузка, потери мощности.

**А. В. Дед, Е. Г. Андреева**

Решение задачи для определения зависимостей потерь мощности в несимметричных режимах методом наименьших квадратов

В статье представлены результаты решения задачи по нахождению зависимости потерь мощности в несимметричном режиме от заданных параметров нагрузки и коэффициентов характеризующих несимметрию токов по обратной и нулевой последовательности. На основе опытных расчетов за искомую зависимость определена полиномиальная аппроксимация третьей степени. С помощью разработанного алгоритма по расчету потерь мощности при несимметричной нагрузке в распределительных сетях 0,4 кВ получены зависимости потерь мощности от коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности при наличии амплитудной несимметрии токов.

**Ключевые слова:** качество электрической энергии, несимметричная нагрузка, потери мощности.

**В. К. Гаак, В. М. Лебедев, М. С. Шерстобитов**

Проблемы использования золошлаковых материалов тепловых электростанций

Рассмотрены проблемы со складированием золошлаковых материалов (ЗШМ) в России, на примере г. Омска. Произведен анализ и выявлены основные причины низкого уровня переработки ЗШМ. Определены приоритетные задачи, решение которых позволит существенно снизить экологическую нагрузку от крупных угольных энергоисточников за счет использования золошлаковых отходов в строительной индустрии региона.

**Ключевые слова:** отходы, зола, строительные материалы, использование, загрязнение, накопление.

**С. С. Бусаров, В. К. Васильев, И. С. Бусаров, А. В. Недовенчаный, Д. С. Титов,  
К. В. Щербань, А. Ю. Громов**

Статические продувки клапанов тихоходных длинноходовых бессмазочных поршневых компрессорных ступеней

В соответствии с известными методиками определения массового расхода при статических продувках на разработанном экспериментальном стенде определены величины условного зазора для клапанов, используемых при исследованиях тихоходных компрессорных ступеней.

Полученные результаты позволили уточнить методику расчёта рабочих процессов тихоходных длинноходовых поршневых ступеней и учесть реальные величины утечек.

**Ключевые слова:** длинноходовой поршневой компрессор, рабочие процессы, условный зазор, утечки газа.

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

**А. Д. Бялик**

Инженерная методика расчета функции преобразования амплитудных волоконно-оптических датчиков

Предложена инженерная методика расчета функции преобразования волоконно-оптических датчиков. Такая методика представляет собой упрощенный пошаговый подход к определению функции преобразования. Это существенно облегчает проектирование волоконно-оптических датчиков, в которых преобразование измеряемой величины осуществляется в несколько принципиально различающихся по математическому описанию этапов.

Вместе с тем в предлагаемой методике учитываются основные параметры функции преобразования (чувствительность и нелинейность) и их зависимость от конструктивных особенностей волоконно-оптических датчиков.

В качестве примера рассматривается методика построения функции преобразования амплитудных волоконно-оптических датчиков давления рефлектометрического типа.

**Ключевые слова:** инженерная методика построения функции преобразования, амплитудный волоконно-оптический датчик давления.

**Г. М. Сидельников, С. А. Морозов, В. И. Сластухина**

Сравнительный анализ помехоустойчивости сигналов с ФРМ и ФМ в каналах с различной структурой

В работе ставится задача на основе аппарата векторной алгебры и статистического моделирования на ЭВМ получить функции распределения вероятностей межсимвольной интерференции сигналов для фазовой и фазоразностной модуляции в каналах с различной структурой. Полученные вероятностные характеристики позволят определить эффективность применения сигналов в различных каналах, а также провести анализ помехоустойчивости при различных уровнях аддитивных помех, а также позволят определить возможность применения в таких каналах разнесения как на приеме, так и на передаче.

**Ключевые слова:** дополнительный сдвиг фаз, вероятность ошибок, интегральная функция распределения вероятностей.

**И. А. Кировская, А. В. Юрьева, С. Н. Погодин, Р. В. Эккерт, И. Ю. Уманский, Е. Н. Еремин, Ю. И. Матяш, С. А. Корнеев**

Особенности и закономерности в изменении кислотно-основного состояния поверхности полупроводников систем  $A^{III}B^V$ -ZnSe – материалов для сенсоров-датчиков

С использованием комплекса методов изучены кислотно-основные свойства твердых растворов систем GaAs-ZnSe, InSb-ZnSe, в сравнении с исходными бинарными соединениями и между собой. Установлены природа, сила, неоднородный характер кислотных (активных) центров. Выявлены общие особенности и закономерности в изменении кислотно-основных свойств, в значительной мере обусловленные влиянием соединения  $A^{II}B^{VI}$ -ZnSe. Показана незавуалированно определяющая роль координационно-ненасыщенных атомов как активных центров адсорбции молекул типа  $H_2O$ ,  $NH_3$ . Полупроводники изученных систем с относительно кислой поверхностью ( $pH_{из0} < 7$ )

рекомендованы в качестве материалов для сенсоров-датчиков на микропримеси основных газов (типа  $\text{NH}_3$ ).

**Ключевые слова:** полупроводники, твердые растворы, кислотно-основные свойства, кислотные (активные) центры, закономерности, сенсоры-датчики.

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

**В. Н. Задорожный, Е. Б. Юдин**

О неоднородной структуре социальных сетей

Разрабатываются методы калибровки неоднородных случайных графов для моделирования социальных сетей. Графы калибруются по распределениям степеней связности вершин и ребер. Математическую основу методов составляют теория случайных графов с нелинейным правилом предпочтительного связывания и теория случайных графов Эрдеша-Реньи.

**Ключевые слова:** случайные графы, распределения степеней связности вершин и ребер (дуг), нелинейное правило предпочтительного связывания.

**В. И. Потапов**

Разработка математической модели многооперационной динамической технической системы, восстанавливаемой после отказов в процессе конфликта

Разработанная математическая модель базируется на вероятностном характере функционирования рассматриваемой системы в конфликтной ситуации с учетом того, что атакующая сторона в процессе конфликта стремится уменьшить ее надежность, воздействия своими ресурсами нападения на увеличение интенсивности отказов ее компонентов, участвующих в выполнении соответствующей технологической операции, и на уменьшение интенсивности восстановления отказавших компонентов. Поведение рассматриваемой технической системы аппроксимируется марковским процессом. Разрабатываемая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений с переменными во времени коэффициентами, решение которой нетрудно получить, воспользовавшись приближенным численным методом, основанном на методе дискретизации и целочисленного программирования. Приводятся формулы для оценки функциональной готовности рассматриваемой системы в процессе конфликта и для оценки средних потерь от ложных срабатываний, скрытых отказов компонентов системы и времени восстановления системы после отказов компонентов.

**Ключевые слова:** математическая модель, многооперационная динамическая система, конфликтная ситуация, надежность, восстановление после отказа, дифференциальные уравнения.

**В. И. Потапов, О. А. Горн**

Математическая модель, алгоритмическое и программное обеспечение для компьютерного исследования параметров надежности в процессе конфликта аппаратно-избыточной динамической системы

Разработана математическая модель аппаратно-избыточной динамической системы, участвующей в конфликтной ситуации, с учетом особенностей подключения резервных блоков для замены отказавших основных в процессе конфликта и конечной надежности



системы контроля работы системы. Разработаны численные алгоритмы для приближенного вычисления вероятности безотказной работы и среднего времени «жизни» рассматриваемой системы. Разработано программное обеспечение, реализующее вычислительные алгоритмы, позволяющие с помощью компьютерного исследования оптимизировать параметры динамической системы, участвующей в конфликтной ситуации в зависимости от стратегии атакующего противника.

**Ключевые слова:** математическая модель, численный алгоритм, надежность, динамическая система, резервирование, конфликтная ситуация, программное обеспечение.

**А. С. Дудолодов, Е. Т. Гегечкори**

К вопросу о синтезе реинжиниринга бизнес-процессов и экспертных систем

В данной статье рассмотрена возможность совместного использования реинжиниринга бизнес-процессов и создания экспертных систем, для достижения наибольшей эффективности экспертной системы и снижения времени на ее разработку. Также рассмотрено совместное ведение разработки аналитика и разработчика исходя из их целей, для более продуктивного ведения работы и достижения высоких результатов разработок. В статье приведена схема, объединяющая их работу на основе этапов реинжиниринга бизнес-процессов и этапов разработки экспертных систем.

**Ключевые слова:** реинжиниринг бизнес-процессов, экспертные системы, информационные технологии.