

МАШИНОСТРОЕНИЕ

А. А. Кузнецов, В. П. Кулаковская

Определение количественных параметров и координат дефекта сигнала акустико-эмиссионного контроля цилиндрических резервуаров

В статье приведены данные исследования сигналов акустической эмиссии при контроле дефектов поверхности герметичных резервуаров. В ходе проведенных исследований с изменением давления получены данные по изменению параметров сигналов, фиксируемых цифровой акустико-эмиссионной системой контроля СЦАД-16. На основании полученных результатов предложена методика для определения координат дефектов резервуаров с использованием цилиндрической системы координат. Предложенный в статье подход позволяет снизить погрешность определения координат дефектов, по сравнению с выражениями в случае прямолинейного распространения волн на плоской поверхности.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, контроль дефектов, активность сигналов, железнодорожная цистерна, неразрушающий контроль, координаты дефектов.

Т. В. Малышева

Разработка алгоритма классификации производств по типу внутризаводского кооперирования основных и вспомогательных процессов методом машинного обучения

Задача рациональной организации вспомогательных процессов на предприятии заключается в снижении их себестоимости путем более глубокой интеграции в основной производственный процесс. Цель статьи заключается в разработке алгоритма классификационного анализа для оценки зависимостей между основными и вспомогательными подразделениями и типологии производственных процессов по уровню внутризаводского кооперирования. В качестве метода определения типа производства предложен метод машинного обучения «Случайный лес» с использованием метаалгоритма обучения машин Бэггинга. Разработаны параметры, описывающие затраты на вспомогательные операции, расходы на ремонтное хозяйство и обслуживание оборудования, уровень технической эффективности производства. Апробация алгоритма на примере химических предприятий позволила выделить три типа производств по характеру внутризаводской кооперации процессов по наиболее информативным параметрам. Для оценки полезности и производительности моделей построены диаграммы кумулятивного подъема, где наиболее продуктивным определен тип со средним уровнем внутризаводского кооперирования. Результаты являются первичной диагностикой организации вспомогательного хозяйства, принятия решений о проведении реинжиниринга процессов с целью усиления внутризаводского кооперирования и снижения уровня затрат.

Ключевые слова: вспомогательное производство, производственные процессы, внутризаводское кооперирование, алгоритм, классификационный анализ, машинное обучение, «Случайный лес».

К. А. Вансович, В. И. Ядров

Упругопластическое моделирование усталостных трещин

В представленной работе сделан подробный анализ современных подходов в создании упругопластических моделей роста поверхностных трещин, учитывающих влияние вида двухосного нагружения на развитие напряжений и деформаций в вершине трещин и соответственно на скорость роста трещин. Обосновывается использование пластического коэффициента интенсивности напряжений в качестве характеристики сопротивления циклическому деформированию и разрушению для условий двухосного нагружения. Предлагаются континуальные модели пластичности для моделирования упругопластического поведения металла численными методами и, в частности, методом конечных элементов.

Ключевые слова: усталостное разрушение, механика разрушения, коэффициент интенсивности напряжений, метод конечных элементов, J-интеграл, критерий текучести, упрочнение.

Я. В. Денисова

Управление качеством процессов производства продукции машиностроения в сети

Постановка задачи (актуальность работы): в статье обозначены основные преимущества использования сети для повышения качества процессов производства продукции машиностроения, что особенно актуально в условиях формирования технологического суверенитета.

Цель работы: цель статьи заключается в систематизации и анализе моделей управления качеством продукции машиностроительной отрасли и разработке на их основе межотраслевой модели системы управления качеством в сети.

Используемые методы: в статье использованы общенаучные методы познания, а именно, метод описания, обобщения, критического анализа, визуализации. В качестве теоретической базы исследования применялись теории процессного и сетевого управления в промышленном комплексе.

Новизна: обобщение и систематизация теоретических подходов к управлению качеством в машиностроении позволили спроектировать межотраслевую модель системы управления качеством в сети, использование которой даст возможность создать и укрепить технологический суверенитет.

Результат: в результате проведения исследования по анализу моделей управления качеством процесса производства были определены их отличительные характеристики применительно к сети, ядром которой является машиностроительное предприятие, что позволило разработать межотраслевую модель системы управления качеством, использование которой позволяет получать такие сетевые эффекты, как достижение интегрированной поддержки производства на всех этапах жизненного цикла; сокращение транзакционных издержек, повышение гибкости процессов проектирования и выпуска новых наукоемких и высокотехнологичных изделий, что дает возможность повысить уровень технологического суверенитета отрасли за счет усиления кооперационных связей.

Практическая значимость: содержащиеся в статье выводы и результаты могут быть использованы при разработке стратегий формирования и укрепления технологического суверенитета, как в машиностроительной отрасли, так и в промышленном комплексе в целом.

Ключевые слова: управление качеством, сеть, отрасль машиностроения, процессный подход к управлению, цикл PDCA, система менеджмента качества, технологический суверенитет.

Е. В. Князев, А. М. Бадамшин, Ю. А. Стенькин, Е. А. Рогачев

Исследование влияния термической обработки в атмосфере аргона на физико-химическое состояние титановой фольги

Методами оптической микроскопии, энергодисперсионного анализа исследована структура и элементный состав титановой фольги проходившей отжиг в инертной атмосфере, в присутствии углеводородов. Проведенные термические обработки моделировали процесс синтеза многостенных углеродных нанотрубок. В результате обработок существенно снижается пластичность исследуемого материала. Показано, что в результате отжига изменяется структура фольги. С увеличением температуры отжига наблюдается рост концентраций углерода и кислорода, а также существенно увеличивается твердость материала, что вероятно связано с формированием в структуре фольги оксида титана и карбида титана.

Ключевые слова: титан, термическая обработка, оптическая микроскопия, энергодисперсионный анализ, механические свойства.

О. П. Коржова, Д. С. Макашин, П. Е. Попов, И. Е. Доноага, А. В. Обрывалин

Трансформация оперативного управления эксплуатацией станков, станочных комплексов с помощью «Системы операционного менеджмента»

Статья посвящена исследованию возможностей внедрения цифровой системы управления SFM в производство. Для более корректного внедрения dSFM системы в производство, были выявлены ее сильные и слабые стороны. Статья оценивает и подробно раскрывает причины успеха внедрения системы dSFM в производство. Была рассмотрена классическая система бережливого производства Lean и аналоговая система SFM, а также цифровая версия SFM. Была рассмотрена модель взаимодействия сотрудников с «Системой операционного менеджмента», с целью улучшения интеграции ее в производство и повышения производительности работников.

Ключевые слова: система планирования, SFM, dSFM, производство, обработка, цифровизация.

В. П. Кузьменко

Комплексная модель распределения температуры для контроля тепловых характеристик бытовых светодиодных ламп

В работе рассматривается вопрос динамики передачи тепла в бытовой светодиодной лампе и сценарии упрощения моделирования теплового распределения, включающие учет теплопроводности, конвекцию и влияние нескольких светодиодных источников света. Представлен комплексный анализ процессов распределения тепла в бытовых светодиодных лампах и разработка математической модели теплового излучения светодиодного источника света с использованием метода конечных разностей. Разработанная модель учитывает геометрию лампы, свойства материалов и условия окружающей среды. Особое внимание уделяется влиянию расположения светодиодов в системе лампы. Анализ процессов распределения тепла сопровождается формулированием математической модели теплового излучения, исходящего от светодиодного источника света, с использованием метода конечных разностей. Новизна исследования заключается в том, что в математическую модель включены объемная геометрия лампы и источника света, сценарии учета различных параметров модели. Верификация модели показала точность до 93 %. Исследование направлено на создание более реалистичного и точного метода моделирования и анализа теплового управления в многосветодиодных осветительных приборах бытового назначения.

Ключевые слова: моделирование теплового излучения, тепловая модель светодиодной лампы, качество светодиодных осветительных приборов, тепловой менеджмент светодиодных ламп.

С. В. Петrochenko, Ц. Хао, С. Юй, К. Чжао

Оценка влияния параметров режима лазерной закалки на качество поверхности и поверхностного слоя деталей станков (обзор)

В данном обзоре приведена оценка влияния параметров режима лазерной закалки на шероховатость и твердость поверхности, глубину упроченного слоя, степень деформации, величину и знак остаточных напряжений, износостойкость. Представлено как скорость обработки, мощность излучения, температура нагрева поверхности, количество проходов при осуществлении лазерной закалки, влияют на геометрические параметры зоны лазерного воздействия, шероховатость, твердость и износостойкость поверхности, деформацию, величину и знак остаточных напряжений в поверхностном слое. Сделано заключение в виде рекомендаций по подбору параметров режима лазерной закалки для получения заданного качества поверхности и поверхностного слоя деталей станков.

Ключевые слова: лазерная закалка, мощность излучения, зона лазерного воздействия, шероховатость, твердость, остаточные напряжения, износостойкость.

Д. А. Блохин, И. С. Михайлов

Исследование динамической податливости стола координатно-расточного станка под нагрузкой

В статье представлен метод оценки динамической податливости стола координатно-расточного станка с учетом деформаций несущей системы станка при воздействии периодических сил. Вибровозбудитель в виде электродвигателя с несбалансированным ротором позволяет моделировать динамическую нагрузку, эквивалентную процессу фрезерования по параметрам

модуля сил резания и частоты воздействия, исключая применение СОЖ и стружкообразование. Приведенный метод может быть применен для определения предельных режимов резания и участков рабочей зоны станка, обеспечивающих необходимую жесткость и точность обработки.

Ключевые слова: обрабатываемые центры, точность обработки, точность фрезерования, жесткость несущей системы, динамика привода, ballbar.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. В. Бубнов, А. М. Дайнович

Особенности применения фильтра нижних частот для демодуляции информационных сигналов в электроприводе с фазовой синхронизацией

Электропривод с фазовой синхронизацией, реализованный на основе принципа фазовой автоподстройки частоты, обладает высокими показателями точности и широким диапазоном регулирования частоты вращения. Фильтр нижних частот, применяемый для демодуляции ШИМ-сигнала фазовой ошибки в контуре фазовой автоподстройки частоты, ограничивает рабочий диапазон частот вращения. Целью данной работы является анализ влияния фильтра нижних частот на динамику электропривода в области низких частот вращения. Для этого авторами в среде Matlab разработана математическая модель электропривода с фазовой синхронизацией, позволяющая исследовать влияние параметров фильтра нижних частот в пропорциональном режиме работы электропривода. В ходе исследования получена зависимость величины пульсации ошибки по частоте вращения от частоты вращения электропривода. С её помощью сформулировано условие выбора постоянной времени демодулятора в системе управления электроприводом, работающим в различном диапазоне частот вращения. Результаты работы могут быть использованы при проектировании точного электропривода с фазовой синхронизацией.

Ключевые слова: точный электропривод, электропривод с фазовой синхронизацией, фильтрация ШИМ-сигнала, фильтр нижних частот, постоянная времени, имитационное моделирование.

Ю. В. Москалев

Математическая модель трехфазно-многофазного трансформаторного преобразователя числа фаз с последовательным соединением катушек каждой фазы вторичной обмотки

В статье рассмотрен трехфазно-многофазный трансформаторный преобразователь числа фаз с последовательным соединением катушек каждой фазы вторичной обмотки, приведена его схема замещения и линейная математическая модель. В качестве примера выполнен анализ работы изготовленного трехфазно-семифазного трансформаторного преобразователя числа фаз. В результате электромагнитных испытаний опытного образца определены параметры схемы замещения устройства. С использованием математической модели рассчитаны и построены рабочие характеристики. Выполнено сравнение результатов теоретических расчетов и экспериментальных измерений. Наибольшие погрешности, полученные при сравнении расчетных и экспериментальных значений КПД и коэффициента мощности, составили 3,5 % и 2,2 % соответственно.

Ключевые слова: преобразователь числа фаз, трансформатор, многофазная обмотка, схема замещения, математическая модель.

О. С. Парсентьев, Т. А. Мусаев

Обеспечение качества очистки многокомпонентных сред, перемещаемых ленточными конвейерами энергосберегающим импульсным магнитным извлечением

В статье приводятся теоретические и практические аспекты совершенствования конструкций существующих подсистем сепарации с использованием результатов исторических и патентно-информационных исследований, используемых для обнаружения и извлечения ферромагнитных тел в потоке многокомпонентной немагнитной кусковой, зернистой, тонкоизмельченной и сыпучей средах.

Предлагается новый энергосберегающий технологический подход с эффектом синхронного улучшения показателей производительности транспортно-технологической системы и снижения стоимостных и энергетических затрат при ее работе, в частности в подсистеме сепарации материалопотока.

Предложена подсистема сепарации-обнаружения металлофрагментов в не-магнитной сыпучей среде, для разработки устройств сигнализации и управления током в извлекающих обмотках.

Для повышения извлекающей способности при очистке немагнитных сыпучих сред предлагается конструкция комбинированного железоотделителя. Проведено математическое моделирование работы электромагнитной системы комбинированного железоотделителя транспортной системы, на основе которого предложена математическая модель магнитного поля в его рабочей области, позволяющая определить извлекающую силу от обмоток с и токком. Произведена экспериментальная проверка результатов теоретических исследований импульсного магнитного извлечения ферромагнитных тел из сыпучей среды.

Ключевые слова: комбинированный железоотделитель, ферромодуляционные датчики, пондеромоторная сила, намагничивающая сила, импульс тока, ферромагнитное тело, обмотка, постоянные магниты.

Р. М. Петрова, Е. И. Грачева

Алгоритмы оценки основных параметров надежности низковольтного оборудования схем цеховых сетей

В статье представлена классификация предохранителей, рубильников, автоматических и пакетных выключателей. Определены законы изменения вероятностных характеристик надежности исследуемых аппаратов, а также кабельных линий низкого напряжения. Определены виды функций изменения основных параметров надежности и показаны соответствующие графические зависимости. Проведено сравнение полученных результатов значений вероятности времени безотказной работы с требованиями ГОСТ и паспортными данными. Исследуемые вероятностные параметры низковольтных аппаратов и кабельных линий проверены на соответствие принятому закону распределения случайных величин.

Ключевые слова: система внутрицехового электроснабжения, вероятность времени безотказной работы, вероятность времени отказа, предохранитель, рубильник, автоматический выключатель, пакетный выключатель, кабельная линия.

Н. А. Терешенко

Диагностическое устройство одноэлементных изоляторов воздушной линии электропередачи по температуре

Изолятор, электротехническое устройство, предназначенное для электрической изоляции и механического крепления электроустановок или их отдельных частей, находящихся под разными электрическими потенциалами. Являясь элементом энергосистемы, выполняет важную роль в обеспечении её надёжного функционирования. В настоящее время вопрос осуществления диагностики и мониторинга изоляторов по-прежнему остается актуальным. В статье приведены статистические данные отказов на воздушных линиях и перечислены методы и устройства для обнаружения повреждения изоляции. Проблема исследования заключается в отсутствии надежного и экономически эффективного устройства для заблаговременного определения разрушения изолятора под напряжением. Решением является ранее предложенный метод диагностики одноэлементных изоляторов по температуре. Автором предложена схема диагностического устройства, описан её принцип работы в нормальном и аварийном режимах. Диагностическое устройство, выполненное по предложенной схеме, простое, работает под напряжением и без вмешательства эксплуатационного персонала.

Ключевые слова: изолятор, температура, мониторинг, диагностика, устройство, компаратор.

ЭЛЕКТРОНИКА, ФОТОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И СВЯЗЬ

С. В. Бирюков

Концепция создания измерителя напряженности электрического поля с определением погрешности результата измерений и расстояния до источника поля

Рассмотрена новая концепция построения измерителя напряженности электрического поля. Концепция заключается в том, что наряду с измерением модуля вектора напряженности электрического поля одновременно инструментально определению подлежат погрешность результата измерения и расстояние до источника поля. В основу измерителя поля положены новые сдвоенный датчик и метод измерения напряженности электрического поля. Возможности метода измерения определять погрешность и расстояние до источника поля обеспечивает сдвоенный электроиндукционный сферический датчик. Особенностью сдвоенного датчика является способность одновременно выдавать два измеренных в одной точке поля значения напряженности, полученных с разными по знаку погрешностями. Эта особенность позволила получать результат измерения как среднее значение и двух измеренных, и тем самым уменьшить погрешность его измерения. Наличие двух одновременно измеренных значений напряженности поля также позволило получить эмпирическую формулу для определения относительного расстояния до источника в каждой точке измерений. Полученные значения относительных расстояний сделали возможным по известным формулам определить погрешность результата измерения и расстояние от центра датчика до источника поля. Возможность измерителя поля одновременно инструментально определять погрешность результата измерения и расстояние до источника поля рассматривается впервые.

Ключевые слова: измеритель, прибор, метод измерения, напряженность электрического поля, датчик, сдвоенный датчик, погрешность измерения, расстояние до источника поля.

А. С. Захлебн, М. И. Курячий, В. В. Капустин, А. В. Каменский, А. К. Мовчан

Повышение контраста и точности локализации объектов интереса на ортофотопланах местности, построенных по искаженным изображениям с беспилотного летательного аппарата

В статье рассматриваются и сравниваются методики устранения искажений на исходных изображениях с беспилотного летательного аппарата, целью которых является увеличение контраста и точности определения координат объектов интереса относительно фона. Проведены авиационные работы с целью получения исходных изображений подстилающей поверхности с различными временами экспозиции, а также данных с навигационного модуля беспилотного летательного аппарата. Осуществлена камеральная обработка полученных материалов, рассчитаны точные центры фотографирования каждого из изображений и построены ортофотопланы местности. Оценен контраст и точность определения координат объектов интереса относительно фона на ортофотопланах местности, построенных по исходным и восстановленным различными методами изображениям.

Ключевые слова: ортофотоплан местности, изображение, точность, контраст, объект интереса, искажение, беспилотного летательного аппарата.

А. В. Каменский, К. А. Рылов, Н. Бородин

Цифровой сглаживающий трапецидальный рекурсивно-сепарабельный фильтр обработки изображений с изменяемыми размерами сканирующей многоэлементной апертуры

Развитие телевизионных систем является важным фактором для многих отраслей, занимающихся получением, обработкой, хранением и передачей изображений. На сегодняшний день актуальной задачей в применении подобных систем является улучшение качества изображений, полученных с помощью цифровых фото- и видеокамер. Для решения этой задачи могут быть использованы цифровые рекурсивно-сепарабельные сглаживающие фильтры. В работе приводится описание процесса работы алгоритма изменения размера сканирующей многоэлементной апертуры

сглаживающего трапецеидального рекурсивно-сепарабельного фильтра обработки цифровых изображений. Приведены результаты оценки его быстродействия относительно того же алгоритма, реализованного через классическую двумерную свертку при различных размерах тестовых изображений. Оценено влияние размеров апертуры разработанного фильтра на изменение отношения сигнал/шум. Алгоритм был реализован в вычислительной среде MATLAB.

Ключевые слова: цифровая обработка изображений, рекурсивно-сепарабельные фильтры, повышение четкости, оценка качества, быстродействие.