

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

П. Д. Балакин

Систематика средств виброизоляции техногенных систем

Периодический характер природных и техногенных процессов, параметрические свойства объектов и физические законы взаимодействия материальных тел и сред порождают бесполезные колебания механических систем. Колебания малой амплитуды и высокой частоты называют вибрациями, ослабление или ликвидация которых составляет систему виброзащиты машин, частью которой является виброизоляция. Декомпозиция задачи виброизоляции помогает выбрать технические и инженерные решения виброизолирующих устройств для базовых, для межагрегатных связей, для персонала. Материал статьи адресован разработчикам средств виброизоляции, студентам, аспирантам и научным сотрудникам, в сферу интересов которых входят динамика машин, виброзащита и виброизоляция машин.

Ключевые слова: виброзащита машин, критерии эффективности виброизоляции, модель виброизолятора, базовые, межагрегатные связи, виброизоляция персонала.

И. Н. Ганиев, А. Э. Бердиев, Н. А. Аминова, С. Дж. Алихонова

Повышение антикоррозионных свойств покрытий на основе цинкового сплава ЦАМСв4-1-2,5 легированием стронцием

Приведены результаты экспериментального исследования влияния стронция на анодное поведение сплава ЦАМСв4-1-2,5 в среде электролита NaCl. Показано, что добавки стронция на 10 % уменьшают скорость коррозии исходного сплава ЦАМСв4-1-2,5. С ростом концентрации хлорида иона в электролите NaCl потенциалы коррозии и питтингообразования смещаются в отрицательную область, скорость коррозии при этом увеличивается.

Ключевые слова: цинковый сплав ЦАМСв4-1-2,5, потенциостатический метод, электролит NaCl, стронций, потенциал свободной коррозии, скорость коррозии, потенциал питтингообразования.

С. С. Кудрявцева, М. В. Шинкевич

Оценка эффективности ресурсосберегающих технологий в машиностроительной промышленности

В статье проводится анализ эффективности использования ресурсосберегающих технологий на предприятиях машиностроительного комплекса. С переходом производственно-хозяйственных систем к работе в условиях формирования шестого технологического уклада вопросы повышения эффективности производственных процессов приобретают особую значимость и актуальность. Цель статьи заключается в обобщении основных тенденций по внедрению ресурсосберегающих технологий на предприятиях машиностроительного комплекса экономики и разработке математической модели, позволяющей оценить эффективность применения систем ресурсосбережения. Представленные результаты исследования имеют важное народнохозяйственное значение не только для машиностроительного комплекса в целом, но и могут быть использованы отдельными предприятиями реального сектора экономики для оценки уровня эффективности внедряемых и используемых ресурсосберегающих технологий, выраженного через прирост создаваемой добавленной стоимости.

Ключевые слова: снижение энергоёмкости ВВП, сокращение потерь в заводских электросетях, потребление электроэнергии на одного занятого, дескриптивная статистика энергоёмкости промышленного комплекса, структура потребления электроэнергии по электробалансу, доля потребления электроэнергии в общем объеме потребления электроэнергии.

Е. С. Гебель, Е. А. Чигринова

Оптимизационный кинематический синтез четырехзвенного рычажного механизма

по двум заданным положениям

Широкое применение плоских шарнирных четырехзвенных механизмов в различных автоматических устройствах и приспособлениях требует дальнейшего развития методов автоматизированного кинематического синтеза, которые на основе современных математических подходов позволят сократить требуемое количество априорной информации и получить точное решение. Использованный подход наилучшего квадратичного приближения функций позволил сформулировать как критерий оптимальности, так и условия его достижения на основе уравнения замыкания векторного контура. Проведенный анализ модели показал, что на ее основе можно оценить наличие сингулярных положений звеньев, при которых возможно самопроизвольное изменение закона движения выходного звена. Численный эксперимент в пакете MathCAD позволил верифицировать методику синтеза по результатам решения задачи кинематического анализа и графическому представлению шатунных кривых.

Ключевые слова: плоский шатунный механизм, кинематический синтез, квадратичное приближение функций, моделирование.

И. А. Волков, Д. Д. Примаков, В. Б. Масыгин, Р. Л. Артюх

Моделирование последовательности сборки осесимметричных изделий с применением матрицы инцидентности графа

В статье рассматривается решение проблемы автоматизированного определения последовательности сборки прецизионных осесимметричных изделий. Целью данной работы является рассмотрение возможности применения ориентированного графа сборки, в частности матрицы смежности и матрицы инцидентности при теоретическом описании конструкции и проектировании технологии сборки. Данный подход соответствует решению проблемы в математической форме. Произведен анализ особенностей математического моделирования конструкции и процесса сборки. Предложена методика построения графа, отображающего связи между деталями и процесс сборки. Реализация задачи автоматизированного формирования технологического процесса сборки выполнена с применением алгоритмов и компьютерной программы, основанной на матричном представлении графов. Выполнен сравнительный анализ результатов, полученных теоретически и с применением компьютера в рамках проектирования технологических процессов сборки. Полученные результаты позволяют оперативно внести необходимые изменения в последовательность сборки, на основе чего открывается возможность контроля данных и принимаемых решений при проектировании технологических процессов сборки.

Ключевые слова: моделирование сборки, граф сборочных единиц, дерево связей, алгоритм, матрица смежности, матрица инцидентности.

Д. Д. Примаков, И. А. Волков, В. Б. Масыгин, Р. Л. Артюх

Разработка методики анализа отклонений расположения при сборке на основе адаптации математического аппарата обратной задачи кинематики роботов

Информация о процессе сборки напрямую влияет на точность изготовления изделия. Предложена методика моделирования, основанная на схематизации информации процесса сборки, для прогнозирования точности изделия. Информация об отклонениях сборки отображается отклонением расположения точек контакта, распространением отклонений между деталями и направлением распространения отклонений. Была установлена схематизированная связь между информацией о процессе сборки и информацией о распространении отклонений, методика прецизионного моделирования сборки, включает метод, основанный на адаптации математического аппарата, используемого в кинематике роботов, и методику влияния переходов отклонений сборки.

Ключевые слова: сборочный процесс, размерные параметры, геометрическая модель, отклонение расположения, комплект баз, отклонение формы.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. А. Татевосян

Исследование рабочих процессов энергопреобразования в магнитоэлектрическом приводе тихоходного одноступенчатого поршневого компрессора на заданный закон движения якоря при обеспечении максимума КПД

При проектировании линейного магнитоэлектрического привода (ЛМЭП), в состав которого входит синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) и компрессорная ступень, большое внимание уделяется вопросам надежности и экономичности при обеспечении высоких показателей процессов энергопреобразования, протекающих в различных подсистемах. Одним из направлений, повышающих надежность ЛМЭП, является уменьшение количества элементов, входящих в его состав, например, передаточных и преобразовательных механизмов. Однако в этом случае нелинейные процессы всасывания-нагнетания, протекающие в компрессорной ступени, оказывают существенное влияние на работу электромеханического преобразователя. В связи с этим задача повышения энергоэффективности ЛМЭП может решаться различными путями. В статье приведено описание условий управления ЛМЭП тихоходного одноступенчатого поршневого компрессора, полученных из решения задачи оптимизации конструкции магнитной системы СДПМ, при которых достигается максимальный КПД. Установлена взаимосвязь обобщенных параметров привода с конструктивными особенностями исполнения СДПМ.

Ключевые слова: линейный магнитоэлектрический двигатель, магнитное поле, магнитная система, тихоходные синхронные магнитоэлектрические машины, тихоходный одноступенчатый поршневой компрессор.

О. В. Архипова

Принципы и средства исследования регионально обособленного электротехнического комплекса с позиций системного анализа

В статье рассматриваются вопросы применения системного анализа при исследовании изолированных электротехнических комплексов и систем генерирования электрической энергии, обладающих признаками общности. Для таких совокупностей, с позиций системного анализа, вводится понятие «регионально обособленный электротехнический комплекс». Доказывается, что анализируемый электротехнический комплекс есть сложная техническая система. Применительно к регионально обособленному электротехническому комплексу, дается содержательная интерпретация следующих принципов теории системного анализа: эмерджентность, оптимальность и эквивалентность. На базе системного подхода предложен интегральный показатель удельной приведенной стоимости выработанной электроэнергии (levelized cost of electricity in the region — LCOER). Данный показатель непосредственно применим к рассматриваемому в статье объекту. На базе показателя LCOER предложена методика оптимального проектирования и эксплуатации регионально обособленного электротехнического комплекса. Ее применение позволяет снизить общие расходы регионально обособленного электротехнического комплекса на протяжении всего жизненного цикла на 5–15 %, при сохранении заданных объемов, качества и надежности производства электрической энергии.

Ключевые слова: системный анализ, регионально обособленный электротехнический комплекс, сложная техническая система, удельная приведенная стоимость выработанной электроэнергии, оптимизация.

Г. А. Кошук, К. И. Никитин, А. С. Татевосян, Н. А. Терещенко

Методика оптимизационного расчета конструкций подвесных электромагнитных сепараторов

В статье предложена методика оптимизации конструкций подвесных электромагнитных сепараторов по минимуму массы активных материалов, используемых для их изготовления. Методика оптимизации основывается на выводе уравнений взаимосвязи конструктивных параметров электромагнитных сепараторов на заданные технические условия. При разработке методики оптимизации использовано допущение о плоскопараллельном характере магнитного поля под полюсными наконечниками электромагнитного сепаратора, благодаря которому

произведен вывод формулы для магнитной силы на середине межполюсного зазора. Исследовано влияние на максимум магнитной силы длины полюсных наконечников, межполюсного зазора и высоты подвеса электромагнитного сепаратора. На основе разработанной методики оптимизации построен алгоритм расчета оптимальных конструкций подвесных электромагнитных сепараторов.

Ключевые слова: магнитная сила, межполюсный зазор, полюсные наконечники, оптимизационные соотношения, минимум массы активных материалов.

А. А. Р. Рахим, С. Н. Кладиев, С. Саиди

Сравнительный анализ методов управления с прогнозирующими моделями шестифазным синхронным двигателем с постоянными магнитами

В данной статье представлено сравнение производительности шестифазного синхронного двигателя с постоянными магнитами на основе двух методов управления: непрерывного набора управления с прогнозирующей моделью (CCS-MPC) и конечного набора управления с прогнозирующей моделью (FCSMPC). Рассмотрены основные понятия, принципы работы систем управления синхронными двигателями с постоянными магнитами, исследованы их режимы работы для сравнения эффективности этих методов. Метод CCS-MPC впервые исследуется на имитационной модели синхронного двигателя с постоянными магнитами со вдвоенной трехфазной обмоткой, в отличие от ранее используемого метода управления FCS-MPC. Результаты моделирования приведены в виде графических зависимостей. Анализ полученных результатов показывает, что при использовании метода CCS-MPC точность управления переменными состояниями частотно-регулируемого электропривода выше, динамические ошибки меньше, хотя быстроедействие метода FCS-MPC выше.

Ключевые слова: управление с прогнозирующими моделями, машина с двойной трехфазной обмоткой, инверторы, переходная характеристика.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

С. В. Бирюков, Е. Г. Глухверя, А. В. Тюкин

Сравнительный анализ плоских многоэлементных датчиков напряженности электрического поля с круглым основанием и различными конструктивными особенностями

В статье проводится сравнительный анализ многоэлементных датчиков электрического поля плоской формы, отличающихся различными конфигурациями чувствительных элементов, каждая из которых определяется своими конструктивными параметрами. Для этого составляется обобщенная математическая модель датчика, учитывающая его конструктивные параметры, влияющие на погрешность от неоднородности поля и пространственный диапазон измерения. С использованием обобщенной математической модели строятся графики погрешности датчика в зависимости от пространственного диапазона измерения и различных конструктивных параметров его чувствительных элементов. Изменение конструктивных параметров позволило моделировать чувствительные элементы в форме квадрантов и усеченных квадрантов круга. По графикам погрешности установлено, что чувствительные элементы, выполненные в форме квадрантов круга, обеспечивают датчику меньшую погрешность и больший пространственный диапазон измерения, поэтому их применение более целесообразно. Выполненные исследования позволили получить следующие технические результаты: датчики с чувствительными элементами в форме квадранта круга имеют минимум погрешности и максимум пространственного диапазона измерения при конструктивных параметрах: $b = 0$ и $b_0 = 0,2$; $b = 0$ и $b_0 = 0,4$, для которых при максимальном пространственном диапазоне измерения, равном единице ($a = 1$), погрешности соответственно равны -3% и -10% .

Ключевые слова: многоэлементный дисковый датчик электрического поля, однородное поле, неоднородное поле, точечный источник, напряженность электрического поля, чувствительный элемент, погрешность от неоднородности поля, пространственный диапазон измерения.

В. В. Болотов, К. Е. Ивлев, И. В. Пономарева

Получение макропористых слоев на подложках n-Si в HF-содержащем электролите с добавлением HCl

Добавление окисляющего агента в раствор плавиковой кислоты существенно изменяет процесс электрохимического травления, т.к. позволяет ускорить растворение электронного кремния. В данной работе исследованы процесс формирования и морфология макропор в высокоомном n-Si в зависимости от концентрации HCl в электролите HF:C₂H₅OH. Показано, что присутствие HCl приводит к более однородному распределению пор по диаметрам, как у поверхности, так и по глубине слоя, увеличению скорости травления. С ростом концентрации HCl наблюдается более узкое распределение пор по диаметрам, главные поры у поверхности приближаются по размерам к порам в глубине пористого слоя. Результаты объясняются действием HCl в качестве окислителя.

Ключевые слова: пористый кремний, электрохимическое травление, электронная микроскопия.

К. К. Ким, А. А. Ткачук, А. А. Кузнецов

Стенды для измерения потерь и критических параметров сверхпроводящих образцов во внешних магнитных полях

При разработке всякой сверхпроводящей магнитной системы важную роль играет информация о величине потерь в сверхпроводнике и его критических параметров (критических плотности тока и индукции) в реальных условиях эксплуатации (при воздействии на сверхпроводник переменных и постоянных магнитных полей). Из-за сложности физических процессов, протекающих в сверхпроводнике и конструкции современных сверхпроводящих магнитных систем, эта проблема трудноразрешима. В связи с этим были разработаны два экспериментальных стенда, позволяющих исследовать параметры сверх-проводника при влиянии внешних факторов.

Ключевые слова: сверхпроводник, критические параметры сверхпроводника, магнитное поле, измерение потерь мощности, калориметрический метод определения мощности.

И. А. Кировская, Е. Н. Копылова, Е. В. Миронова, А. О. Эккерт, Р. В. Эккерт, О. В. Кропотин, В. И. Крашенинин, Ю. И. Матяш

Новые материалы — первичные преобразователи полупроводниковых сенсоров-датчиков на основе системы InAs-CdTe

По методике, разработанной применительно к системе InAs-CdTe, с учетом ее диаграммы состояния и основных объемных физических, физико-химических свойств исходных бинарных соединений (InAs, CdTe), получены новые материалы — твердые растворы (InAs)_x(CdTe)_{x-1}. На основе результатов рентгенографических исследований в совокупности с результатами микро-, электронно-микроскопических исследований, полученные твердые растворы аттестованы как твердые растворы замещения с кубической структурой сфалерита. Изучены кислотно-основные свойства поверхностей компонентов системы InAs-CdTe: найдены значения водородного показателя изоэлектрического состояния — рН_{изо}, свидетельствующие о принадлежности поверхностей к слабокислой области (рН_{изо} < 7). Установлены взаимосвязанные закономерности в изменениях с составом изученных объемных и поверхностных свойств, соответственно, связь между ними. Высказаны прогнозы, подтвержденные экспериментально, о возможностях предварительной оценки характера концентрационной зависимости рН_{изо} и о повышенной чувствительности поверхностей компонентов изучаемой системы к основным газам. Даны практические рекомендации по использованию полученных новых материалов в качестве первичных преобразователей сенсоров-датчиков на микропримеси основных газов, в частности, аммиака.

Ключевые слова: новые материалы, твердые растворы, кристаллохимические, структурные, кислотно-основные свойства, взаимосвязанные закономерности изменений изученных свойств, прогнозы чувствительности поверхностей, сенсоры-датчики, практические рекомендации для сенсорной техники.

Л. О. Штриплинг, В. В. Баженов, Н. С. Баженова, П. Е. Нор

Совершенствование системы мониторинга атмосферного воздуха в населенном пункте

Несмотря на то, что большинство крупных промышленных предприятий в Омске выполняют требования природоохранного законодательства, в городе остро стоит проблема загрязнения атмосферного воздуха. Расширение сети постов наблюдения за загрязнением атмосферы позволяет повысить качество определения фоновое загрязнения, однако не способно дать ответ на вопрос о том, кто виноват в сверхнормативном загрязнении воздуха. В статье представлена разработка, направленная на совершенствование существующей системы мониторинга, которая позволяет, с одной стороны, определять уровень загрязнения в любой точке местности, а с другой — оперативно реагировать на жалобы населения о нарушении качества атмосферного воздуха и выявлять источники сверхнормативного выброса в городе.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, мониторинг атмосферы, поиск источника загрязнения, сверхнормативный выброс, локализация источника загрязнения.

Р. Б. Бурлаков

Фотоэлемент, имеющий два контакта Al-p-Si с барьером Шоттки и омический силицидный контакт

Рассмотрены способ изготовления и результаты исследования электрических и фотоэлектрических характеристик фотоэлемента, имеющего два непрозрачных контакта с барьером Шоттки Al-p-Si на одной стороне кремниевой пластины и омический силицидный контакт Ni₂Si-p-Si (или Pd₂Si-p-Si), расположенный на противоположной стороне пластины. Показано, что исследованный фотоэлемент может быть использован для преобразования энергии излучения в электрическую энергию при комнатной температуре в ближней инфракрасной области спектра (0,8–1,4) мкм. Это свойство разработанного фотоэлемента позволит расширить его область применения. Фотоэлемент обладает простой структурой и технологией с временем его изготовления в интервале (2,5–3) часа.

Ключевые слова: способ изготовления фотоэлемента, кремний p-типа, контакты с барьером Шоттки Al-p-Si, омический контакт Ni₂Si-p-Si, омический контакт Pd₂Si-p-Si.

Е. В. Леун

Повышение быстродействия и разрешающей способности акустооптических гетеродинных лазерных интерферометров перемещений. Адаптивный лазерный интерферометр

В статье рассмотрены вопросы реализации в акустооптическом (АО) гетеродинном лазерном интерферометре (в дальнейшем — лазерный интерферометр) дифференциального двухтактного метода измерения перемещений при использовании фазового интерполятора и фазометра. Для снижения уровня шумов в измерительном сигнале введена система фазовой автоподстройки частоты с малым джиттером. В первом такте в начале движения объекта за счет высокой точности фазометра реализованы т.н. «медленные точные» измерения с высокой разрешающей способностью, вплоть до $\approx \lambda/10000$, где λ — длина волны лазерного излучения. Для высокой скорости движения объекта используется второй такт «быстрых грубых» измерений при работе быстродействующего фазового интерполятора и блокировке фазометра. Подобным двухтактным принципом работы лазерного интерферометра улучшаются динамические и метрологические параметры измерений перемещений объекта.

Ключевые слова: лазерный интерферометр, адаптивный интерферометр, фазовый сдвиг, фазовый интерполятор, фазометр, фазовая автоподстройка частоты, шумы сигнала, джиттер.

С. Н. Поворознюк, В. Е. Росликов

Морфология и газовая чувствительность нанокompозитов на основе пористого кремния и оксида олова, сформированных с использованием импульсных ионных пучков наносекундной длительности

Впервые проанализированы закономерности морфологии поверхностных слоев пористого кремния, а также композитов на их основе, сформированных с использованием мощных импульсных ионных пучков наносекундной длительности (МИП) с различной кратностью воздействия. Результаты показали, что наиболее рациональным режимом как для пористого кремния, так и для композитов является однократное радиационное воздействие. При таком модифицировании поверхностные структуры характеризуются более высокой дисперсностью кристаллитов por-Si и SnO_x и однородностью. Исследована газовая чувствительность сформированных с использованием МИП структур к диоксиду азота, а также процесс ее деградации с течением времени. Установлено, что наиболее перспективной из всех структур является композит por-Si/SnO_x , облученный одним импульсом МИП. Он обладает наилучшей газовой чувствительностью после создания и со временем меньше всех подвержен старению, являясь, таким образом, самым стабильным.

Ключевые слова: пористый кремний, нанокompозит, растровая электронная микроскопия, импульсный ионный пучок, газовая чувствительность.

Ю. А. Стенькин, С. Н. Несов, Д. В. Соколов, П. М. Корусенко

Функционализация многостенных углеродных нанотрубок в окислительных средах

Исследовано влияние окислительной среды на структуру и химическое состояние массивов многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ). С применением метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) исследованы изменения элементного состава поверхности. Проведен количественный и качественный анализ функциональных групп, формирующихся на внешних стенках МУНТ при различных условиях окисления. Показано, что использование различных окислителей при обработке массивов МУНТ позволяет эффективно влиять на состав формируемых функциональных групп и, следовательно, влиять на их физико-химические характеристики.

Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия, функциональные группы.

Ю. А. Стенькин, Д. В. Соколов, В. В. Болотов

Газочувствительные свойства многокомпонентных систем на основе оксидов марганца, меди и иттрия

Получены слои композитов на основе диоксида марганца (MnO_{2-x}) с оксидами меди (CuO) и иттрия (Y_2O_3). Обнаружена газовая чувствительность и селективность композитов к различным токсичным газам. У композита $\text{MnO}_{2-x}/\text{CuO}$ наибольшие изменения газового отклика по сравнению с исходным оксидом марганца наблюдаются на сероводород и метилциан. Внесение примеси оксида иттрия вместо меди в MnO_{2-x} изменяет чувствительность композита к сероводороду, формальдегиду и сернистому газу. Наличие оксидов меди и иттрия в MnO_{2-x} усиливает отклик к парам этилового спирта.

Ключевые слова: оксид марганца, оксид меди, оксид иттрия, газовый отклик.

А. С. Голосной

Экспериментальное определение предельной дальности видения подводной лазерной системы

Современные задачи повышения качества результатов подводных исследований требуют применения инновационных решений. Одним из перспективных направлений является разработка информативных каналов, основанных на лазерных системах подводного видения. Задачами исследования в представленной работе являются: обоснование применения лазерного информативного канала для картографирования донной поверхности; доказательство корректности проведения расчета предельной дальности видимости лазерной системы путем введения оптических передаточных функций, позволяющих характеризовать вклад каждой из составных частей этой многозвенной системы в формирование конечного изображения. Предлагаемые лазерные системы подводного видения могут найти практическое применение в

различных областях, среди которых — океанография, подводный поиск, модернизация глубоководных аппаратов. Проведенные на основе разработанной математической модели расчеты и натурные испытания в реальных условиях показали соответствие теоретических и экспериментальных результатов.

Ключевые слова: лазерная система, подводный поиск, гидрооптика, модуляционная передаточная функция.

Г. А. Фофанов

Сравнительный анализ микроэлектромеханических инерциальных измерительных модулей различных производителей для снятия двигательной активности человека

В работе производится сравнение микроэлектромеханических инерциальных измерительных модулей, которые могут быть использованы для записи двигательной активности человека. В сравнении участвовали датчики с девятью степенями свободы нижней ценовой категории. Оценивались такие параметры, как величина шума в состоянии покоя, среднее отклонение измеряемых данных от истинных значений, среднее значение дрейфа гироскопа под воздействием внешних факторов и без, встроенные возможности датчиков, удобство настройки. На основе данных сравнения выделяется инерциальный измерительный модуль, наиболее подходящий для создания системы записи двигательной активности человека.

Ключевые слова: среднее отклонение, микроэлектромеханические системы, гироскоп, акселерометр, магнетометр.