

Информатика, вычислительная техника и управление

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

А.А. Зеленский, М.А. Харьков, С.П. Ивановский, Т.Х. Абдуллин

Аннотация: представлена разработанная комплектная система числового программного управления станками со сложной кинематикой, промышленными роботами и автоматизированными комплексами. Система управления имеет модульную структуру, а вычисления в системе управления распределены по составным модулям. Программное ядро системы реализовано на многопроцессорной архитектуре, интегрированной в топологию программируемой логической интегральной схемы. Такой подход имеет ряд существенных преимуществ. Исследования показали, что реализация программного ядра под управлением операционной системы существенно увеличивает время отклика системы на внешние события и снижает отказоустойчивость. По этой причине в рассмотренной системе управления ядро работает без применения операционной системы (bare metal). Применение специализированных аппаратных инструкций и распределение вычислений по ядрам архитектуры позволило существенно снизить время расчетов. Реализованный в ядре системы программируемый логический контроллер, а также разработанный высокопроизводительный интерфейс и протокол связи между модулями системы дают возможность для эффективного управления сложной электроавтоматикой станочного оборудования и автоматизированных линий. Система была успешно испытана на станках ведущих станкостроительных предприятий Российской Федерации и является вкладом в обеспечение технологической независимости государства

Ключевые слова: числовое программное управление, распределенные вычисления, высокопроизводительный интерфейс и протокол связи

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМ РТК НА ОСНОВЕ АППАРАТНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.Ж. Бочаров, В.Л. Бурковский

Аннотация: рассмотрена универсальная система управления, представленная сложным робототехническим комплексом. Для системы управления такого объекта, как РТК важно решение проблемы управления в сложных условиях различных внешних возмущений, включая быстрые изменения управляющих воздействий. В рамках решения этих проблем от системы управления потребуется не только гибкость и надежность, но и возможность самообучаться по мере эксплуатации. Решением в этом случае будет рассмотренное ранее применение системы гибридного параллельного нейроуправления, которое подразумевает использование сразу двух контроллеров: обычного и нейронного. В статье приведены классическая схема, иллюстрирующая гибридное параллельное нейроуправление, и уже переработанная схема, применимая для управления РТК. Проиллюстрированы нейронные сети пространственных слоев нейроконтроллера. Подход к разработке систем управления такими объектами, как РТК в рамках сложных систем, описанный в статье, позволяет значительно повысить общую эффективность объекта управления и уменьшить количество проблем, возникающих при эксплуатации подобных систем

Ключевые слова: нейроуправление, робототехнический комплекс, ПЛК, нейронные сети, оптимизация

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО КРОССПЛАТФОРМЕННОГО МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

В.Н. Черников, С.Л. Подвальный, В.Ф. Барабанов, А.М. Нужный

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

Аннотация: описана методика проектирования кроссплатформенных мобильных приложений на основе пользовательского интерфейса. Выполнен анализ процедуры разработки программного обеспечения и определен перечень проблем, наиболее часто возникающих перед командой разработчиков и обусловленных спецификой мобильных бизнес-приложений. На основании выявленного списка проблем рассмотрен процесс разработки программного обеспечения с целью выявления ключевых этапов, оказывающих наибольшее влияние на скорость и качество кодирования и тестирования. Предложен подход, основанный на визуализации последовательности переходов пользователя между страницами приложений, и описан процесс предварительной подготовки технической документации, который должен выполняться самими кодировщиками и тестировщиками с целью унификации процесса разработки и использования единых терминов и обозначений в технической документации и программном коде. Даны методические рекомендации по созданию структуры кроссплатформенных мобильных приложений на основе описанной технической документации. Описанная в статье методика позволяет провести

техническое проектирование силами разработчиков и тестировщиков, получив необходимую для кодирования и тестирования информацию в удобном и наглядном формате. Предложенный подход позволяет добиться значительного сокращения трудозатрат на разработку и поддержку программного продукта

Ключевые слова: кроссплатформенная разработка, мобильные приложения, методика разработки

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РАСПИСАНИЯ

М.А. Цуканов, О.А. Божкова

Аннотация: рассматривается вопрос актуальности задачи составления и корректировки производственного расписания на примере сталеплавильного производства. Проведена декомпозиция выполнения производственного плана и рассмотрены возможности применения различных видов корректировок на практике. Анализ составленных расписаний с учетом удовлетворения всех ограничений в текущей производственной ситуации в реалиях производственного процесса позволил определить различие в продолжительности межоперационных интервалов. Для выбора определенного расписания диспетчеру предлагается осуществить выбор по оптимальным критериям. Представленный адаптивный принцип, позволяющий осуществлять формирование и корректировку расписания на примере сталеплавильного производства с использованием фрактала Кантора, дает возможность учесть специфику производства и значительно повысить качество расписания. Разработанный алгоритм взаимодействия производственного оборудования с использованием элементов теории детерминированного хаоса при решении задачи составления расписания в результате проведенного исследования дополнен критериями оценки эффективности выполненного расписания. В качестве показателей производственной эффективности рассматриваются понижение расхода электроэнергии, повышение серийности, уменьшение удельных производственных потерь, уменьшение времени переналадки агрегатов и сокращение производственных затрат на разогрев стали. Проведен анализ эффекта при внедрении системы составления производственного расписания и выявлена экономия путем математических косвенных вычислений при использовании значения временных и энергетических ресурсов. Уменьшение времени корректировки расписания прямым образом способствует повышению производительности предприятий различных отраслей производства

Ключевые слова: оперативное управление, технологическая координация, производственное расписание, эффективность процессов

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОИСКА ПУТИ ДЛЯ МНОЖЕСТВА ОБЪЕКТОВ С ОБЛАСТЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОХОДИМОСТИ

В.Ф. Барабанов, Н.И. Гребенникова, А.К. Донских, С.А. Коваленко

Аннотация: дано описание решения задачи поиска кратчайшего пути для множества объектов с учетом препятствий и труднопроходимых областей. Сформированы функциональные требования к предложенному модулю поиска пути. Приведен обзор алгоритмов оптимизации пути, для выбранного алгоритма разработана модульная структурная схема приложения. Данное приложение предоставляет возможности по отслеживанию состояний объектов, что позволяет производить корректировку результатов поиска пути. Для корректной работы модуля поиска пути была разработана собственная структура данных. Для работы с множеством объектов предложен специальный метод, который находит самый близкий к цели объект, затем с помощью основного алгоритма оптимизации пути строит для него путь. Для удобства использования рассматриваемого программного решения вычисление маршрута было предложено перенести в параллельный поток. Выработаны рекомендации для выбора параметров работы программного модуля, алгоритма оптимизации для получения точных результатов. Приведенные рекомендации позволяют наиболее полно воспользоваться возможностями программного модуля для поиска кратчайшего пути между объектами, разделенными труднопроходимыми областями

Ключевые слова: алгоритмы оптимизации, поиск кратчайшего пути, программная реализация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ API-ИНТЕРФЕЙСА PLANT SIMULATION ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

П.Ю. Гусев, Ю.С. Скрипченко, А.А. Пак, К.Ю. Гусев

Аннотация: рассматривается вопрос оптимизации транспортной системы производственного подразделения с использованием программного комплекса имитационного моделирования Plant Simulation. В качестве

исследуемой системы выступает участок механической обработки. На исследуемом участке механической обработки располагаются обрабатывающие центры DMU. Сложность моделирования исследуемого участка заключается в обработке деталей из нескольких видов материалов, а также в наличии нескольких типоразмеров. Транспортная система участка механической обработки представлена транспортной тележкой. На участке имеется одна транспортная тележка, которая доставляет заготовки для обработки, а также отвозит обработанные детали в сборочный цех. Исследуемая производственная система смоделирована и проанализирована в программном комплексе имитационного моделирования Plant Simulation. Анализ имитационной модели показал основные направления оптимизации исследуемой системы: расписание перемещений транспортной тележки и очередь поступления заготовок в производство. Ввиду трудности многокритериальной оптимизации стандартными средствами программного комплекса, решено использовать встроенный API-интерфейс Plant Simulation. В работе описана и приводится схема работы динамической библиотеки оптимизации. Описываются основные проблемы разработки динамической библиотеки на C++. В результате работы получены оптимизированные расписание перемещений транспортной тележки и очередь поступления заготовок в производство

Ключевые слова: имитационное моделирование, оптимизация, интерфейс, динамическая библиотека

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУР КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В.Н. Черников, С.Л. Подвальный, В.Ф. Барабанов, В.В. Сафронов

Аннотация: дано описание архитектур, наиболее распространённых в производственной практике наборов инструментов и библиотек для кроссплатформенной разработки. Приведен обзор механизмов операционных систем, которые используют выбранные инструменты. Проведено сравнение кроссплатформенных инструментов с точки зрения архитектуры. Рассмотрены механизмы интеграции кроссплатформенной и платформозависимых частей программного продукта, а также указаны «узкие места» данных механизмов. Приведены рекомендации, которые позволяют определиться с выбором кроссплатформенного инструмента в различных командах инженеров. Рассмотрен такой класс программного обеспечения, как мобильные приложения. Смартфоны и планшеты набирают все большую популярность, вытесняя бумажные носители и стационарные компьютеры, предоставляя бизнес-подразделениям возможность использовать новые каналы и способы обмена информацией с клиентами и сотрудниками. В работе проведен сравнительный анализ наиболее популярных инструментов: PhoneGap, ReactNative, Xamarin и Qt. В качестве целевых платформ рассмотрены операционные системы iOS, Android и Windows UWP. Проведён детальный анализ архитектур кроссплатформенного программного обеспечения в части обоснования использования инструментов кроссплатформенной разработки; архитектуры и интерфейсов для интеграции операционных систем (iOS, Android, Windows UWP); архитектуры кроссплатформенных приложений (PhoneGap, ReactNative, Qt, Xamarin). Сформированы общие рекомендации по выбору инструмента разработки кроссплатформенных приложений

Ключевые слова: кроссплатформенная разработка, мобильные приложения, архитектуры компьютерных систем

МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ КВАДРОКОПТЕРА ПОСРЕДСТВОМ ВЫПУКЛОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

С.И. Савин, Л.Ю. Ворочаева, А.И. Савин

Аннотация: рассматривается задача управления четырёхроторным автономным летательным аппаратом – квадрокоптером. Описан метод генерации траекторий для квадрокоптера, основанный на использовании методов численной оптимизации и алгебраических подходов к определению последовательности ориентаций робота. Показано, что задача генерации траекторий может быть представлена как задача выпуклого программирования. Решение задачи выпуклого программирования в данном случае используется для формирования последовательности положений центра масс устройства и векторов сил, которые должны быть приложены к квадрокоптеру для его перемещения из текущего положения в следующее, с учетом динамики летательного аппарата. Информация об ориентации векторов приложенных к квадрокоптеру сил может быть использована для определения последовательности его ориентаций. В работе предложен метод, позволяющий вычислять эти ориентации, описаны необходимые допущения. Для получения задающих воздействий для системы управления по обратной связи используется интерполяция данных, полученных решением задачи оптимизации для дискретного набора положений робота. Следящая система управления реализована с использованием итеративного линейного квадратичного регулятора. Результаты математического моделирования свидетельствуют о том, что квадрокоптер обрабатывает полученные описанным методом траектории и устойчив по отношению к ошибкам своего начального положения

Ключевые слова: квадрокоптер, метод генерации траекторий, выпуклое программирование, устойчивость, траектория центра масс

Энергетика

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛНЫХ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Ю.Д. Бай, А.В. Шмойлов, М.В. Андреев, А.А. Суворов, А.В. Киевец, И.А. Разживин

Аннотация: в рассматриваемых в электроэнергетике задачах интересующие параметры стационарных режимов, электрические величины при повреждениях, показатели функциональной надежности, резервов мощности электростанций, сечений проводов линий сетей, мощностей трансформаторных и преобразовательных подстанций и др. являются функциональными зависимостями исходных данных, например активных и реактивных мощностей, величин и углов напряжений узлов электрических сетей или случайных аргументов. Нахождение полных вероятностных характеристик – плотностей распределения вероятностей (ПРВ) и функций распределения вероятностей (ФРВ) этих функциональных зависимостей позволяет получить полное представление о всех возможных значениях, которые могут принимать интересующие параметры. Основная проблема заключается в том, что получение ФРВ и ПРВ интересующего параметра стандартными статистическими методами на данный момент не имеет практического решения. В связи с этим предлагается рассматриваемый в статье разрабатываемый метод селекции границ входных и выходных данных (СГИД), не критично зависимый от размерности функциональной зависимости (ФЗ). Приведены актуальные методы статистического моделирования случайных аргументов, рассмотрен метод селекции входных и выходных границ данных с аналитической точки зрения, также представлен усовершенствованный алгоритм получения полных вероятностных характеристик функциональных зависимостей, продемонстрированы результаты маломерных примеров

Ключевые слова: электроэнергетические системы, численные методы, закон распределения вероятности, случайная величина, квантиль, функциональная зависимость

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

О.В. Афанасьева, Г.Р. Мингалеева

Аннотация: объекты малой распределенной генерации выступают источниками надежного энергообеспечения потребителей, незатронутых централизованной энергосистемой. Выбор в качестве топлива местных источников энергии, в частности, твердого топлива, обеспечивает условия автономности для данных объектов, позволяет сократить затраты на доставку топлива и, соответственно, снизить стоимость производимой энергии и побочной продукции. В работе представлены схемы энерготехнологических комплексов малой мощности с производством энергии и ценной побочной продукции. В данной работе рассматривается производство активированного угля, который может использоваться в качестве сорбента, гранулированных золошлаковых материалов для строительной отрасли и товарной серы, востребованной на химических предприятиях. В рамках предлагаемой работы проведен структурный анализ рассматриваемых схем, построены информационные блок-схемы, определены внешние и внутренние связи, разрываемые потоки. В схеме с производством активированного угля выявлено четыре контура, в схеме с производством золошлаковых материалов – один контур, в схеме с производством товарной серы – десять контуров. Проведенный анализ структуры связей позволит провести расчет энергетической эффективности и оптимизировать работу станции для повышения эффективности использования топлива с учетом нужд потребителей по выпускаемой энергии и производимой продукции

Ключевые слова: твердое топливо, малая энергетика, технологические схемы, структурный анализ, побочные продукты

ВЫБОР ОБМОТОК ДИСКОВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Т.Е. Черных, С.А. Белозоров, А.В. Тикун

Аннотация: модернизация уже имеющегося, а также разработка нового электротехнического и электроэнергетического оборудования всегда являлись актуальными задачами. В последнее десятилетие этот вопрос стал еще более важным в связи с необходимостью развития энергосберегающих технологий в электроэнергетике и внедрения новых технологий получения электрической энергии, к которым относятся альтернативные возобновляемые источники энергии, в частности ветроэнергетика. В российской ветроэнергетике существует довольно много проблем, связанных с тем, что данное направление в нашей стране длительное время не развивалось, в связи с чем практически полностью отсутствуют современные конструктивные решения как

ветроэнергетических установок, так и отдельных ее узлов, удовлетворяющих сегодняшним потребностям. В частности, в российских установках разработчики чаще всего используют электрические генераторы зарубежного производства, либо это электрическая машина общепромышленного назначения. Однако для получения высоких энергетических показателей ветроэнергетической установки целесообразно использовать специализированный генератор, отвечающий ряду требований. В связи с чем предлагается конструкция специализированного синхронного генератора с возбуждением от постоянных магнитов для вертикально-осевой ветроэнергетической установки, отвечающего данным требованиям, а также предлагаются различные варианты выполнения обмоток

Ключевые слова: синхронный генератор, постоянные магниты, схема обмотки, форма катушек

Радиотехника и связь

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПОНОВКИ БЛОКОВ РЭС С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

М.А. Ромащенко, А.П. Стрельцов

Аннотация: рассматривается комплексный подход к процессу компоновки блоков и ячеек радиоэлектронных средств с учетом электромагнитных и тепловых характеристик. Обосновывается актуальность задачи создания и последующего совершенствования методик оптимальной компоновки различных иерархических уровней конструкций радиоэлектронных средств с учетом электромагнитных и тепловых характеристик. Постоянный рост сложности и плотности компоновки приводит к увеличению требований к квалификации разработчиков, росту затрат на проектирование и тестирование радиоэлектронных средств, замедлению процесса создания перспективных устройств, разработке специальных средств теплозащиты и созданию методик обеспечения электромагнитной совместимости и помехоустойчивости блоков радиоэлектронных средств. Предлагается методика оптимальной компоновки конструкции радиоэлектронных средств, основанной на использовании 3D-моделей, адаптированных для прикладного применения. Особенностью методики является применение математического обеспечения, позволяющего проводить многократный итерационный анализ за приемлемое время. Методика включает в себя процедуры первоначальной компоновки и оптимизации конструкции блока устройства, создание 3D-модели и её адаптации для проведения дальнейшего анализа. Представлено практическое применение методики для решения производственной задачи, показавшее качественные улучшения технико-эксплуатационных параметров изделия — температуру наиболее теплонагруженного элемента, максимальную температуру внутри корпуса, напряженность электромагнитного и электрического полей и помехоустойчивость конструкции

Ключевые слова: компоновка блока, электромагнитный анализ, моделирование теплового режима, оптимизация конструкции устройства

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

А.С. Бадаев, А.И. Сукачев, В.О. Алексеев, П.А. Кондратов

Аннотация: рассчитывается и разрабатывается конструкция высококачественных высокоэффективных малогабаритных акустических систем (АС) для беспроводных систем передачи информации – персональной сети Bluetooth. Показано, что для достижения максимально высоких энергетических характеристик при небольших габаритах оптимальным видом акустического оформления является “фазоинвертор с пассивным излучателем (ПИ)”. На основе метода электромеханических аналогий построена эквивалентная акустическая схема разработанных АС. Передаточная функция фазоинверсной системы с малыми потерями, полученная из анализа эквивалентной схемы в области низких частот (НЧ), аналогична передаточной функции фильтра верхних частот (ВЧ) полиномиального типа четвертого порядка с крутизной спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в сторону НЧ 24 дБ/окт. С учетом параметров, использованных НЧ головок громкоговорителей (ГГ), установлено, что АЧХ разработанных АС может быть аппроксимирована дробнорациональными функциями на основе полиномов четвертой степени Баттерворта или полиномами квазитретьего порядка. На основе предложенной методики рассчитаны основные конструктивные характеристики АС: объем корпуса, частота настройки ПИ, его масса и гибкость подвеса, разработана и представлена конструкция, приведены параметры АС. Отмечены более высокие характеристики разработанных АС по сравнению с аналогами

Ключевые слова: беспроводные сети передачи информации, Bluetooth, акустические системы (АС), мощность, уровень характеристической чувствительности, диапазон воспроизводимых частот

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В КОРПУСЕ 1867BA016T

Г.В. Фетисов, Д.В. Шеховцов, Е.Д. Алперин

Аннотация: рассматривается высокопроизводительная многопроцессорная система цифровой обработки сигналов (ЦОС) в корпусе 1867ВА016Т, разрабатываемая АО «НИИЭТ», в части оценки эффективности использования различного количества ядер для решения задач цифровой обработки сигналов с целью обоснования использования именно многопроцессорных систем для решения задач ЦОС. Рассмотрена процедура связи процессорных ядер через коммутационные порты, которые обеспечивают приём/передачу данных со скоростью до 480 Мбайт/с, а также способы объединения ядер по технологии гиперкуба с различной размерностью с целью повышения вычислительной мощности. Составлена универсальная программа расчёта быстрого преобразования Фурье (БПФ) на языках C и Assembler для каждого из ядер 1867ВЦЗФ и различного количества исходных отсчётов. Проведена оценка производительности многоядерной системы ЦОС в корпусе 1867ВА016Т, содержащей четыре процессора цифровой обработки сигналов (ПЦОС), при различном количестве активных процессорных ядер посредством определения времени выполнения 64-точечного и 512-точечного БПФ с подсчётом контрольной суммы (КС) и без. Результатом исследования являются временные диаграммы и графики, отображающие время выполнения БПФ для 64 и 512 исходных отсчётов и количества активных ядер 1867ВА016Т. Предложено оптимальное количество процессорных ядер, которые следует задействовать для решения задач ЦОС при работе с общей областью памяти для многопроцессорных систем в корпусе или на кристалле с архитектурой, аналогичной 1867ВА016Т

Ключевые слова: коммутационный порт, БПФ, многоядерная система, гиперкуб, ПЦОС, производительность, Assembler, C

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ОТНОШЕНИЙ В УСТРОЙСТВАХ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ РАЗНЫЕ ПРИНЦИПЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА

Д.В. Васильченко, А.А. Пирогов, И.В. Остроумов, А.Б. Антиликаторов

Аннотация: в настоящее время бурно развивается беспроводная электроника. В частности, носимые гаджеты, которые для связи с разнообразными устройствами не так давно пользовались проводными системами, повсеместно внедряют в качестве связующих элементов передачи информации беспроводные каналы связи. К ним относятся разнообразные периферийные устройства, такие как наушники, умные часы и т.д. Все эти каналы работают на определенных частотах, которые могут быть заглушены воздействием различного рода электромагнитных помех. Данные помехи негативно влияют не только на прием сигнала, но и на сами устройства приема и передачи, а также на все электронные устройства, находящиеся в зоне действия помех. В статье показана методика определения соотношения сигнал/шум и вычисления защитного отношения, с помощью которой можно определять защитное отношение по высокочастотному тракту и по промежуточной частоте без проведения испытаний, требующих больших временных и материальных затрат. Данная методика подходит к использованию в радиоэлектронных средствах, использующих сигналы с фазовой, а также частотной модуляцией, в отношении радиопомех различных видов. К таким помехам относятся импульсные и непрерывные радиопомехи на основе фазоманипулированных сигналов, частотно-модулированных сигналов и сигналов, модулированных по частоте гармоническим или пилообразным напряжением

Ключевые слова: радиоэлектронные средства, манипуляция сигнала, системы беспроводной связи, соотношение сигнал/шум, защитное отношение

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ РУПОРНЫЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ САБВУФЕР

А.С. Бадаев, Д.К. Фомин

Аннотация: предлагается методика расчета и разрабатывается конструкция рупорного автомобильного сабвуфера с высокой мощностью, КПД и максимальным уровнем звукового давления (SPL). Анализ частотных зависимостей активных составляющих входного сопротивления $R_{вх}$ рупоров различной формы, полученных в результате решения волнового уравнения Вебстера, показывает, что максимально эффективным при воспроизведении низких частот (НЧ) является рупор с гиперболическим профилем. В области НЧ вблизи критической частоты $f_{кр}$, определяющей нижнюю граничную частоту воспроизведения, максимальным значением $R_{вх}$ обладает гиперболический рупор. Это обеспечивает оптимальную, в случае согласования акустических сопротивлений, нагрузку для головок громкоговорителей (ГГ), установленных на входе рупора. При выполнении условия о сравнимости размеров периметра выходного отверстия рупора – “устья” с длиной волны, соответствующей $f_{кр}$, гиперболический рупор будет эффективно излучать акустическую энергию на НЧ. Использование в качестве нагрузки для задних сторон диффузоров ГГ фазоинвертора с пассивным излучателем (ПИ), работающего в фазе с излучением рупора, позволяет повысить SPL. На основе предложенной методики рассчитана и разработана конструкция рупорного автомобильного сабвуфера. Отмечены более высокие технические характеристики разработанного сабвуфера по сравнению с аналогами

Ключевые слова: акустические системы (АС), сабвуфер, рупор, фазоинвертор с пассивным излучателем (ПИ), мощность, КПД, SPL

Машиностроение и машиноведение

ТОПОГРАФИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗРУШЕНИЯ ДИФфуЗИОННО-СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В.В. Пешков, А.Б. Булков, С.Б. Кушев, Б.Л. Агапов, А.И. Донцов, С.В. Канькин

Аннотация: экспериментальные исследования проводили на трубчатых образцах с толщиной стенки $\delta_s=0,5$ мм из сплава ОТ4 (имитирующих одну ячейку сотового заполнителя слоистого композита), к торцу которых приваривали пластины толщиной δ_0 от 0,5 до 2 мм, из листового сплава ОТ4-1 (имитирующие несущие слои композита). Диффузионную сварку проводили при температуре 900 °С, сжимающем давлении 2,8 МПа в вакууме 2,6 Па в течение времени до 60 мин. Сварные соединения испытывали на отрыв, затем проводили исследование поверхностей разрушения. Анализ топографии поверхностей разрушения показывает, что δ_0 при менее 1,5 мм разрушение соединения происходило по плоскости контакта свариваемых поверхностей с формированием слабо развитых очагов схватывания, при этом на фрактограммах присутствуют фрагменты пленочных включений. Результаты рентгеноспектрального микроанализа, рентгеновской дифрактометрии и Оже-спектроскопии поверхностей разрушения выявляют достаточно высокое содержание кислорода в поверхностных слоях и дают основание считать, что присутствующие в контакте свариваемых заготовок субоксидные пленки являются существенным барьером для реализации процесса сварки. Установлено, что образование сварного соединения происходит в процессе деформации контактных поверхностей, необходимой для разрушения субоксидов и активации свариваемых поверхностей

Ключевые слова: диффузионная сварка, зона контакта, деформация, очаги схватывания, фрактография

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА ДЛЯ КАПИЛЛЯРНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

И.О. Богачев, М.Н. Давыдов, Ю.С. Ткаченко

Аннотация: рассмотрен метод капиллярного контроля и проведено сравнение распространённых наборов для его проведения. Изложены преимущества капиллярного контроля по сравнению с другими методами неразрушающего контроля. Сформулированы основные задачи соответствия заявленного класса чувствительности и критерии оптимальности. Описаны применяемые наборы, вспомогательное оборудование и объект контроля. Реализован метод проверки классов чувствительности используемых пенетрантов на контрольном образце. Рассмотрены этапы проведения капиллярного контроля, выделены особенности и недостатки применяемых наборов. Показаны преимущества очистителя, проявителя и пенетранта одного производителя перед его конкурентом. По полученным результатам проведен анализ дефектов на контролируемом изделии. Рассмотрены дефекты следующих типов: «одиночные поры», «скопления пор», «цепочки пор», «рыхлоты» и «ложные индикации». Найдены размеры индикаций, их ориентированность на поверхности и сопоставлены полученные значения. Для каждого набора рассчитана ширина раскрытия этих дефектов. Проведена разбраковка в соответствии с нормативно-технической документацией. Практическим путем выделена зависимость расхода от контролируемой площади и составлена таблица для каждого компонента выбранных наборов. По полученным данным рассмотрен риск перебраковки изделия и причины отличия цен исследуемых наборов для капиллярного метода контроля

Ключевые слова: неразрушающий контроль, капиллярный контроль, класс чувствительности, шероховатость поверхности, HELLING, SHERWIN

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБШИВОК САМОЛЕТА

М.В. Молод, В.И. Максименков, В.И. Федосеев

Аннотация: рассмотрен метод повышения равномерности деформации в продольном и поперечном направлениях деформируемой заготовки. Сформулированы цель и задачи исследования. Проведен анализ процесса формообразования обшивок на оборудовании с ЧПУ. Показан характер напряжений и деформаций при их минимальном значении по поперечным сечениям заготовки. Выявлена неравномерность деформаций и напряжений при формообразовании обшивок двойной кривизны. Разработан метод выравнивания деформации за счет получения на технологическом припуске пуансона вогнутой поверхности, полученной расчетным методом. Получена зависимость, позволяющая проектировать вогнутую поверхность с учетом геометрических параметров пуансона. Приведена методика проектирования пуансона. Выполнен пример расчета геометрических параметров пуансона. Проведены экспериментальные исследования на оборудовании с ЧПУ, подтверждающие эффективность разработанного метода выравнивания деформаций в продольном и поперечном направлениях, обеспечивающие повышение качества получаемых обшивок

Ключевые слова: пуансон, технологическая поверхность, вогнутая поверхность, формообразование, деформации, контрформовка, выравнивание, припуск

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИКИ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

НА ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Г.И. Трифонов, Н.А. Пеньков

Аннотация: из литературных источников известно, что наиболее используемыми методиками по восстановлению деталей машин и механизмов являются технологии с применением высококонцентрированных потоков энергии, например, газотермическая обработка поверхностей. В области газотермической обработки поверхностей деталей активно используются системы уравнений для оценки физических, механических и химических особенностей (параметров) покрытия на поверхности деталей. В связи с этим вопросы разработки усовершенствованных систем уравнений по оценке и прогнозированию ключевых параметров процесса плазменного напыления стоят на первом месте при моделировании процесса газотермической технологии. В данной работе рассмотрено влияние кинематических режимов на формирование плазменного покрытия на сложнопрофильной поверхности детали. В частности, проанализирована кинематика нанесения износостойкого покрытия на винтовую поверхность детали, а также рассмотрено влияние скорости нанесения покрытия на толщину напыляемого слоя и температуру нагрева детали. Составлены усовершенствованные расчетные уравнения по прогнозированию толщины напыляемого слоя и нагрева винтовой (сложнопрофильной) поверхности. Разработанные математические зависимости в перспективе планируется использовать при разработке технологических карт и последующих корреляциях технологии нанесения плазменного напыления на автоматизированных и роботизированных комплексах при обработке деталей со сложной геометрической образующей

Ключевые слова: плазменное напыление, скорость, толщина покрытия, температура поверхности, моделирование, кинематика

Физика

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИОНАМИ НИКЕЛЯ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕГНЕТОКЕРАМИКИ $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_{18}$ СО СТРУКТУРОЙ ФАЗ АУРИВИЛЛИУСА

Н.А. Толстых, А.И. Бочаров, И.Ю. Кобяков, С.А. Гриднев

Аннотация: по стандартной керамической технологии получен твёрдый раствор $\text{Bi}_6\text{Ti}_3\text{Fe}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_{18}$, где $x = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$. В интервале температур от 25 до 600 °С исследованы температурные зависимости действительной части диэлектрической проницаемости ϵ' и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ на частоте 1 кГц; обнаружены аномалии, которые связываются с наличием структурного фазового перехода. Проверка выполнимости закона Кюри – Вейсса показала размытие фазового перехода. Для его описания была выбрана модель флуктуаций состава Смоленского-Исупова. В рамках модели сделана оценка степени размытия фазового перехода в зависимости от концентрации никеля, с ростом которой размытие становится больше. Проведена оценка температурного коэффициента диэлектрической проницаемости в интервале температур от 25 до 100 °С, при которых обычно используются компоненты радиоэлектронной техники. Определен керамический материал с самыми низкими значениями температурного коэффициента диэлектрической проницаемости, который может быть востребован и использован для разработки и производства высокостабильных конденсаторов

Ключевые слова: сегнетокерамика, слоистый перовскит, фазовый переход, объем Кенцига, температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, фазы Ауривиллиуса

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Re-Gd

А.В. Бондарев, И.Л. Батаронов, И.М. Пашуева

Аннотация: методом молекулярной динамики выполнено компьютерное моделирование атомной структуры аморфных сплавов Re-Gd в широком диапазоне концентраций. Межатомное взаимодействие описывалось эмпирическим полиномиальным потенциалом. Параметры топологического ближнего порядка, полученные в результате моделирования, находятся в хорошем согласии с экспериментальными результатами. Локальное атомное окружение исследовалось с помощью многогранников Вороного. Получены распределения топологических индексов многогранников Вороного. Среди многогранников Вороного, центрами которых являются атомы рения, большую долю составляют многогранники 0–0–12–0, характерные для икосаэдрического ближнего порядка. Исследована зависимость доли многогранников Вороного с топологическим индексом 0–0–12–0 от концентрации атомов гадолиния. Эта зависимость имеет плавный максимум, приходящийся на середину

концентрационного интервала. Исследована статистика числа граней и числа сторон граней многогранников Вороного. Рассмотрена зависимость указанных распределений от состава сплава. Вычислены среднее число граней многогранников Вороного и среднее число их сторон. С увеличением содержания атомов гадолиния для многогранников Вороного, центрами которых являются как атомы Re, так и атомы Gd, среднее число граней и среднее число сторон линейно убывают

Ключевые слова: молекулярная динамика, аморфные сплавы, многогранники Вороного, икосаэдры

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА КИНЕТИКУ ТРАВЛЕНИЯ LiTaO_3 ВО ФТОРСОДЕРЖАЩЕЙ ПЛАЗМЕ

И.В. Коняев, Л.Н. Владимирова, Е.Н. Бормонтон

Аннотация: в статье представлены данные, характеризующие влияние давления и температуры на кинетические особенности процесса травления полированных монокристаллических образцов LiTaO_3 во фторсодержащей плазме на основе газа SF_6 . Эксперименты проводились на установке Corial D250 с реакционно-разрядной камерой диодного типа. Установлено, что в исследуемом диапазоне давлений наблюдается снижение скоростей травления с ростом данного технологического параметра. При возрастании давления происходит увеличение концентрации частиц, что приводит к потерям энергии электронами вследствие уменьшения длины свободного пробега из-за увеличения частоты соударений. Как следствие, снижается скорость диссоциации SF_6 , которая существенным образом влияет на концентрацию радикалов фтора, участвующих в процессе плазмохимического травления. Зависимости $V_{\text{тр}}=f(P)$ имеют качественно подобный вид нисходящей кривой при различных значениях приложенной мощности. Процесс травления является пороговым и начинается при температуре 450 ± 500 К, которая, по-видимому, связана с летучестью продуктов реакции. Изменение температуры в диапазоне от 500 до 570 К приводит к экспоненциальному росту скорости травления. Для данного интервала рабочих температур была рассчитана эффективная энергия активации, значение которой $E_a=100$ кДж/моль. Дальнейшее увеличение температуры, приводит к смене области протекания процесса с кинетической на диффузионную, что, в свою очередь, характеризуется снижением эффективной энергии активации до значения 8 кДж/моль

Ключевые слова: плазмохимия, танталат лития, радикалы фтора, температурная стимуляция, энергия активации

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО И ФАЗОВОГО СОСТАВА НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ИЗНОСОСТОЙКИХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

Л.С. Печенкина

Аннотация: объектом исследования являются комплексно-легированные твердые сплавы, в том числе белые чугуны, используемые для износостойких деталей, которые уже в литье должны обладать требуемыми прочностью и ударной вязкостью. Задачей исследования является выявление химического состава, параметров структурообразования, которые влияют на ударную вязкость. В процессе исследования были выплавлены сплавы, содержащие в %, от 1,18 до 2,49 С, от 0,7 до 5,5 Мп, от 3,1 до 9,6 Сг, от 1,8 до 8,3 V, до 1,3 Si. Исследуемые сплавы распределили по проценту аустенита, содержащемуся в их структуре, на три группы. Первая группа характеризовалась повышением твердости при одновременном повышении процента аустенита в структуре до 13. Вторая содержала до 25 процентов аустенита без увеличения твердости, и в третьей наблюдалось уменьшение твердости при большем количестве аустенита (более 30 %). Отдельную группу составили сплавы, содержащие до 2,14 % меди, до 1,73 % молибдена. Оценка изменения ударной вязкости проведена по влиянию факторов химического (углерод, марганец, хром и ванадий) и фазового состава методами многофакторного регрессионного анализа. Определено, что карбидные фазы (MC , M_7C_3) в исследуемых сплавах снижают ударную вязкость; особенно заметно это в сплавах группы 1 и 3, значительно слабее проявляется их влияние в сплавах группы 2. Установлено, что снижение ударной вязкости происходит при максимальной степени мартенситного превращения в структуре (при 2-2,2% Мп или 20-25% А); повышается она при более высокой степени аустенизации структуры (более 40% А); у отдельной группы комплексно-легированных сплавов этот эффект не проявляется в связи с отличительными особенностями их структуры; наилучшее сочетание механических свойств у сплавов этой группы обеспечивается при 20-40% аустенита в их структуре

Ключевые слова: ударная вязкость, белый чугун, структура, легирующий элемент

ЭФФЕКТИВНАЯ УПРУГАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ ЧИСТОГО СОБСТВЕННОГО СЕГНЕТОЭЛАСТИКА $\text{KN}_3(\text{SeO}_3)_2$

С.А. Гряднев, И.И. Попов

Аннотация: объектом исследования являлся монокристалл чистого собственного сегнетоэластика $\text{KN}_3(\text{SeO}_3)_2$, выращенный спонтанной кристаллизацией из пересыщенного водного раствора методом регулируемого снижения температуры. Решая задачу о кручении упругого анизотропного стержня с использованием измеренных значений модулей сдвига, можно рассчитать сдвиговые коэффициенты упругой жесткости кристалла. В результате для проведения экспериментов были выбраны образцы Z-ориентации монокристалла $\text{KN}_3(\text{SeO}_3)_2$, поскольку при такой ориентации образца одна из сдвиговых компонент σ_{55} крутильного механического напряжения сопряжена со сдвиговой компонентой спонтанной деформации x_{55} . При помощи установки на основе крутильного маятника получены петли механического гистерезиса $x(\sigma)$, свидетельствующие о нелинейном механическом поведении материала, связанном с переходом образца из полидоменного в монодоменное состояние. При различных температурах проведены измерения зависимостей упругой податливости от сдвигового механического напряжения. Обнаружено, что ниже температуры Кюри сдвиговая компонента упругой податливости s_{55} при изменении крутильного механического напряжения проходит через максимум, обусловленный динамикой сегнетоэластических доменных границ. Увеличение коэффициента эффективной упругой нелинейности с ростом температуры объясняется температурной зависимостью подвижности доменных стенок

Ключевые слова: сегнетоэластик, упругая податливость, механическая нелинейность диэлектрика, монокристалл $\text{KN}_3(\text{SeO}_3)_2$