

Информатика, вычислительная техника и управление

УДК 669.01(075)

ОБЗОР МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

С.Л. Подвальный, А.Д. Рощупкин

Данная статья представляет собой обзорный анализ существующих методов и алгоритмов сжатия речевой информации. В статье раскрывается актуальность и необходимость развития средств информационного обмена. Показано, что наиболее естественной и удобной формой информационного обмена являются речевые сообщения. Таким образом, автор подводит к мысли, что повышение эффективности передачи речевых сообщений посредством радиосвязи способствует развитию информационной сферы деятельности человека, которая, в свою очередь, является определяющим фактором развития оборонного, интеллектуального и экономического потенциала государства и человеческого общества в целом.

В статье подробно рассматриваются основные направления кодирования речи, методы кодирования формы сигнала и алгоритмы кодирования источника сигнала. Перечислены и проанализированы основные типы вокодеров, представлена их классификация, описаны основные характеристики и области применения. Сформулирована основная задача алгоритмов сжатия речевых сигналов, показана их практическая эффективность на примере цифровой радиостанции, организующей канал передачи данных. Продемонстрирована актуальность разработки новых высокоэффективных алгоритмов сжатия, открывающих перспективы для развития средств цифровой радиосвязи

Ключевые слова: речевой сигнал, кодирование, декодирование, кодек, сжатие, вокодер

УДК 519.688

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ АЛГОРИТМАМИ НЕПРЕРЫВНЫХ ДРОБЕЙ

М.А. Новосельцева, Т.А. Хорошева, С.Г. Гутова

Задача цифрового моделирования стационарных случайных процессов, воздействующих на объект исследования, нередко возникает при проектировании технических систем. Для решения таких задач разрабатываются различные алгоритмы моделирования. При этом основным требованием к алгоритмам является возможность их реализации средствами современных ЭВМ. В статье описывается алгоритм цифрового моделирования стационарных случайных процессов с заданной корреляционной функцией, основанный на аппарате теории непрерывных дробей и реализующий модифицированный метод В. Висковатова. Алгоритм позволяет получить цифровую модель стационарного случайного процесса в форме конечно-разностного уравнения и осуществить оценку точности моделирования с помощью двух критериев. Данный алгоритм реализован в автоматизированной информационной системе (АИС) «Цифровое моделирование случайных процессов», которая осуществляет моделирование стационарных случайных процессов, воздействующих на объект исследования. Пример работы АИС, представленный в данной статье, иллюстрирует основные возможности моделирования и оценки полученной модели, а также пошагово иллюстрирует работу алгоритма. Представленная АИС реализована в среде программирования со свободной лицензией и является кроссплатформенной, что дает возможность использования АИС для широкого круга исследователей и позволит в будущем расширять ее возможности

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, случайный процесс, корреляционная функция, непрерывная дробь

УДК 681.3

ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПО ФОРМИРОВАНИЮ БЮДЖЕТА РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

В.Н. Кострова, Н.А. Лещева, Ю.С. Сахаров, С.О. Сорокин

В настоящее время актуальным является вопрос формирования бюджета развития образовательной организации, в частности, общеобразовательного учреждения. Первоначально формируется набор управленческих действий в общеобразовательном учреждении по каждому направлению развития. Кроме того, следует выделить ряд дополнительных условий, связанных с достижением определенного уровня теми показателями, которые имеют отрицательную динамику за некоторый период времени. Далее определяются дополнительные затраты на реализацию каждого действия из трех составляющих субсидий. Для определения значимости направлений развития на очередной финансовый год осуществляется групповое экспертное оценивание одним из методов экспертного оценивания – методом априорного ранжирования. Ранжирование осуществляется для каждой ступени обучения. Задача экспертов состоит в назначении рангов, которые бы комплексно отражали значимость рассматриваемого направления развития для выбора управленческих действий. Затем осуществляется оптимизационное моделирование, которое заключается в исследовании влияния разнообразия вариантов ограничений на рассмотрение бюджета развития между направлениями на основе мониторинговой информации

Ключевые слова: экспертное оценивание, оптимизационное моделирование, интегральный показатель, ранжирование

УДК 004.421

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОГО СИНТЕЗА СИГНАЛОВ

Д.Н. Донских, С.А. Попов, А.В. Юрьев, В.Ф. Барабанов, С.В. Тюрин

В статье предложена структурная схема синтезатора сигналов произвольной формы, состоящая из управляющего модуля и модуля формирования сигналов. Основными компонентами управляющего модуля являются постоянное запоминающее устройство, в качестве которого была использована микросхема NAND Flash памяти, и процессор фирмы ST Microelectronics STM32F439. Процессор STM32F439 используется для управления модулем формирования сигналов, а также для организации работы сетевого интерфейса. Модуль формирования сигналов построен с использованием программируемой логической интегральной схемы XC7K70T фирмы Xilinx, модуля памяти DDR3, цифро-аналогового преобразователя AD9739 фирмы Analog Devices и полосового фильтра.

Значительное внимание уделено описанию программного обеспечения синтезатора сигналов. Предложен один из возможных вариантов реализации программного обеспечения для модуля формирования сигналов, которое представляет собой конечный автомат, обеспечивающий взаимодействие с цифро-аналоговым преобразователем и возможность использования модуля памяти SDRAM DDR3 в качестве оперативного запоминающего устройства для хранения отсчетов формируемого сигнала. Также представлен возможный подход к разработке программного обеспечения управляющего модуля синтезатора сигналов, основной задачей которого является организация хранения формируемых сигналов в памяти и обслуживание сетевого интерфейса

Ключевые слова: цифровой синтез сигналов, формирование сигналов, ПЛИС, Verilog HDL

Энергетика

УДК 620.92:621.438

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ С ГАЗОТУРБИНЫМИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИМИ АГРЕГАТАМИ НА СТАДИИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Л.В. Булыгина, В.И. Ряжских

Повышение энергоэффективности компрессорных станций (КС) – актуальная проблема в газовой отрасли, так как компримирование газа является наиболее энергоемким теплоэнергетическим процессом в магистральном транспорте газа. В статье рассмотрены современные методы повышения энергоэффективной работы компрессорных станций на стадии реконструкции: применение на КС газоперекачивающих агрегатов (ГПА) нового поколения с высоким эффективным КПД газотурбинных установок (ГТУ); регенеративное использование теплоты отходящих газов ГТУ; применение модульной компоновки ГПА; снижение гидравлических сопротивлений за счет применения труб с внутренним покрытием. Проведено математическое моделирование и расчет режима проектной производительности КС при замене ГПА на агрегаты нового поколения укрупненной мощности. Применение предложенного подхода при реконструкции компрессорных станций позволит улучшить энергоэффективность КС, уменьшить потребляемую мощность компрессорных станций и снизить затраты топливного газа

Ключевые слова: компрессорная станция, энергоэффективный режим работы, газоперекачивающий агрегат, газотурбинная установка

УДК 621.316.761

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ДАТЧИКА ТОКА ДЛЯ АСУЭ С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

В.Н. Крысанов, Ю.В. Шарапов

В статье рассматриваются методы микроконтроллерной реализации датчика сдвига фаз для высоковольтных регуляторов напряжения с применением различных способов определения сдвига фазы. Рассмотрены два варианта реализации датчика как системы вычисления значения сдвига фаз: на основе нуля органов (система вычисляет время между переходами через ноль преобразованного сигнала напряжения сети и преобразованного сигнала тока сети) и на основе метода обратного косинусного и синусного преобразования с оценкой значения сдвига фазы в период между переходами через ноль преобразованного сигнала напряжения и тока сети. Показано преимущество такого метода в получении мгновенного значения сдвига фазы, что позволяет добиться высокой скорости обработки АСУЭ заданий по регулированию перетоков мощности в сетях и быстрого отклика на возможные аварийные возмущения. В статье проведено имитационное моделирование датчика, получены график переходного процесса при набросе активно-индуктивной нагрузки в сети и график выходного значения смоделированного датчика

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, датчик тока, тиристорный регулятор

УДК 621.65

ПРИМЕНЕНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ РЕЛЕЯ-ПЛЕССЕТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ В ТРАКТАХ ШНЕКОЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

А.А. Афанасьев, Ю.В. Демьяненко, А.Н. Попков

В статье рассмотрены вопросы моделирования течения реальной криогенной жидкости в трактах шнекоцентробежного насоса жидкостного ракетного двигателя. Дано общее описание эффекта кавитационного срыва насоса. В качестве инструмента исследования выбраны методы вычислительной гидрогазодинамики – пакет ANSYS CFX. При моделировании процессов используется кавитационная модель Релея-Плессета. Записаны соотношения данной модели, полученные из механических соображений без учета тепловых явлений. Проводится ее верификация для жидкого кислорода. Кроме того, в статье даны рекомендации по построению сетки и выбору граничных условий для подобных задач. Моделирование проведено для отдельно стоящего шнека и шнека совместно с центробежным колесом. Для данных систем исследованы процессы кавитационного срыва и эффект кавитационной разгрузки. Показаны зависимости величины кавитационных каверн от входного давления в шнек. При кавитационной разгрузке отмечена связь разницы темпов снижения относительных параметров с объемом кавитационных каверн. Построены зависимости относительных энергетических параметров при номинальном и повышенном массовых расходах. Описан механизм срыва насоса при повышенных массовых расходах

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, агрегаты подачи, кавитация, компьютерное моделирование

УДК 62-52(075.8)

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЕМ СЕГМЕНТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА

А.М. Литвиненко, А.Б. Кирилов, М.А. Чурсин

В статье рассматривается математическое обоснование и экспериментальное подтверждение возможности регулирования возбуждения синхронных генераторов в сегментном исполнении путем преднамеренного изменения воздушного зазора отдельных модулей активного сегмента, например, перемещение модулей статора относительно роторных элементов.

Таким образом, обосновывается введение нового, ранее неизвестного, канала регулирования синхронных машин с постоянными магнитами, что придает системе управления адаптивные свойства, обеспечивает автоматическое управление.

Это достигается путем расчета конформного отображения поля в зоне рабочего воздушного зазора, что позволяет найти аналитические зависимости, подтверждаемые экспериментом на макете магнитной системы сегментного ветроэлектрогенератора. В частности, приведены кривые, характеризующие найденные зависимости, подтверждающие исходные теоретические положения.

Таким образом, в результате исследования фактически доказана возможность введения дополнительного воздействия на данный объект, что дает синергетический эффект: с одной стороны, появляется возможность при небольшой скорости ветра уменьшить противодействующий момент на ветроколесо при постоянной нагрузке низкого уровня, а с другой стороны, при интенсивном ветре существенно повысить энергоотдачу агрегата, что в конечном итоге улучшает эксплуатационные характеристики. Приведена структурная схема системы управления, построенного на принципах экстремального управления. В качестве экстремальной (оптимальной) характеристики выступают или угловая характеристика синхронного генератора, или U-образная. Отличие будет только в знаке. В случае угловой характеристики система с помощью сигнум-реле и коммутатора будет осуществлять управление исполнительным механизмом, регулирующим зазор в заранее установленных пределах

Ключевые слова: автоматизация, адаптация, возбуждение сегментных генераторов

Радиотехника и связь

УДК 621.3.049.77 : 621.372.632 + 53.072 : 681.3

ГЕНЕРАТОР МОДУЛИРОВАННЫХ ПО ЧАСТОТЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ В СУБМИКРОННОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ БАЗИСЕ

Е.Б. Барбарина, Д.В. Шеховцов, А.И. Мушта

Статья посвящена разработке генератора прямоугольных импульсов, модулированных по частоте, пригодного для реализации в интегральном исполнении с использованием топологических норм в субмикронном технологическом

базисе. Архитектура генератора модулированных импульсов базируется на структуре асинхронного RS-триггера. Особенностью предлагаемого устройства является расширение функциональных возможностей стандартного асинхронного RS-триггера за счет применения оригинальных схемотехнических решений. Триггер в структуре генератора является формирователем прямоугольных импульсов. Это позволило исключить внешний формирователь меандра. В схему генератора введены две схемы задержки в цепи обратной связи RS-триггера, которые позволяют управлять временем прохождения сигнала. Управление осуществляется за счет использования внешнего генератора управляющего напряжения. Изменение амплитуды управляющего сигнала вызывает изменение сопротивления цепей обратной связи и времени прохождения сигнала. В работе проведены экспериментальные исследования реализации генератора прямоугольных импульсов. Для этого он был реализован в интегральном исполнении с применением стандартных базовых компонентов технологической библиотеки субмикронной технологии XH035 фабрики XFAB. Проведенное высокоточное моделирование устройства показало, что частота генератора может изменяться в достаточно широких пределах, от 47 до 94 МГц. В заключение исследований была разработана топология генератора с использованием базовых технологических элементов библиотеки

Ключевые слова: генератор прямоугольных импульсов, частотная модуляция, субмикронные проектные нормы, МОП-транзистор, логические элементы

УДК 47.05.1; 47.14.17

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ УСИЛИТЕЛЯМИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

Д.В. Журавлёв, Ю.С. Балашов

В любой системе дистанционного контроля функциональных параметров человека основным звеном, обеспечивающим необходимую достоверность регистрируемой информации, являются входные аналоговые узлы приборов регистрации. Повышение достоверности регистрируемой информации необходимо для точной постановки диагноза и объективной своевременной оценки реального функционального состояния объекта исследования. В связи с этим существует острая необходимость повышения помехоустойчивости входных аналоговых узлов приборов регистрации (микродатчиков-регистраторов) без значительного усложнения схемотехнической реализации устройств.

В данной статье проведён теоретический анализ характера действующих помех и вариантов борьбы с ними при регистрации биопотенциалов. Выделена основная группа помех, требующая подавления схемотехническими методами. Рассмотрены пути устранения синфазной помехи при действующей на входе усилителя биопотенциалов ее аддитивной смеси с полезным сигналом. Проведён анализ схемотехнических методов подавления синфазных помех. Рассмотрены варианты построения усилителя биопотенциалов на основе операционных усилителей OP 191, а также инструментальных усилителей INA 115, INA 118. Из возможных схемотехнических решений выделены пять основных вариантов построения схем усиления. По результатам имитационного моделирования проведено сравнение пяти различных схемотехнических реализаций усилителя биопотенциалов. Выявлена эффективная структура схемотехнической реализации усилителя биопотенциалов. На основе проведенных исследований построена схема усилителя биопотенциалов, обладающая наибольшим коэффициентом подавления синфазных сигналов

Ключевые слова: синфазная помеха, аддитивная смесь, усилитель биопотенциалов, микродатчики-регистраторы

УДК 621.396.96

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ В СРЕДСТВАХ НЕЛИНЕЙНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

А.В. Волков, В.М. Питолин, С.Н. Паньчев, Н.А. Самоцвет

Статья посвящена актуальной задаче повышения разрешающей способности и помехоустойчивости импульсных сигналов в средствах нелинейной локации. Решение задачи проводится за счет реализации в приемнике нелинейного локатора двух каналов обработки импульсного сигнала. Первый канал позволяет за счет применения модифицированного прямого вейвлет-преобразования (МПВП) на основе вейвлета Морле повысить разрешающую способность приемника. Качественный анализ выходных сигналов для устройств, реализующих предлагаемый способ, свидетельствует об очевидном выигрыше с точки зрения разрешающей способности и точности за счет применения МПВП. Второй канал реализован после блока МПВП и состоит из детектора и двух блоков пересечения, включенных последовательно с элементами задержки, что обеспечивает свертку входных парциальных импульсов в один. Количественная оценка показателей качества помехоустойчивого канала показывает выигрыш примерно от 15 дБ до 22 дБ в зависимости от вида распределения помех. Метод обработки импульсных сигналов и представленная схема являются оригинальными. Степень их проработки и исследования дает возможность сделать однозначный вывод о достоверности, работоспособности и целесообразности дальнейшего развития и применения

Ключевые слова: нелинейная локация, операция пересечения, прямое вейвлет-преобразование

УДК 621.396

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ В ЗАКРЫТЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

В.В. Глотов, М.А. Ромашенко

На современном этапе проблема электромагнитной совместимости играет значимую роль в развитии радиоэлектронной аппаратуры. Большинство разработчиков стараются миниатюризировать электронные компоненты, из-за чего увеличиваются шансы сбоев в работе электронных средств. Для экономии фонда рабочего времени и денежных средств вполне логично и целесообразно выявлять проблемные места печатной платы на ранних стадиях разработки. В статье представлено описание методики оценки электромагнитных характеристик печатных плат в закрытых конструкциях. Описываются изменения электромагнитных характеристик печатной платы в закрытой среде и в свободном пространстве. Также в статье рассказывается об изменении протекания тока в Г-образной микрополосной линии. Проводится сравнение излучающих потерь печатных плат, которые были смоделированы в ходе эксперимента

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, печатные платы, корпус, излучения

УДК 621.32

ЧМ-ГЕНЕРАТОРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА РЕЗОНАТОРАХ И УЗКОПОЛОСНЫХ ФИЛЬТРАХ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

М.И. Бочаров, А.О. Рыжов

К формирователям радиосигналов информационно-телекоммуникационных систем предъявляются высокие требования (к стабильности частоты, уровню внеполосного и шумового излучений, технологичности). Это особенно актуально для диапазонов УВЧ и СВЧ, на которых работают современные телекоммуникационные системы. Однако использование традиционного метода переноса спектра частот кварцевых генераторов, работающих на относительно низких частотах, на более высокие частоты, основанного на умножении частоты, приводит к существенному ухудшению параметров сигналов. Более перспективным является использование ЧМ-генераторов на поверхностных волнах (ПАВ).

В данной работе для базовой схемы ЧМ-генераторов на ПАВ-резонаторах при управлении частотой варакторов, работающих в барьерном режиме, разработана методика расчета основных видов нелинейных искажений,

возникающих при формировании ЧМ-радиосигналов. Методика основана на расчетных соотношениях для девиации основной частоты и ее гармоник, сдвига центральной частоты, полученных с использованием статической и динамической модуляционных характеристик. Рассматриваются режимы в зависимости от изменения амплитуд напряжений, управляющего, высокочастотного сигналов и напряжения смещения, что охватывает все возможные режимы работы генераторов, используемые на практике, для варакторов с резким и сверхрезким р-п переходами. Это позволяет уже на этапе эскизного проектирования на основе справочных параметров ПАВ-резонаторов и используемых варакторов определить быстро и достаточно точно минимальные уровни нелинейных искажений.

Результаты проведенного моделирования и экспериментальных исследований свидетельствуют о достаточно высокой точности совпадения результатов расчета и эксперимента и возможности практической реализации формирователей ЧМ-сигналов с малыми нелинейными искажениями без применения корректирующих цепей и целесообразности применения предложенной методики при проведении эскизного проектирования. При этом по уровню шумового излучения и уровню выходного сигнала, создаваемого непосредственно автогенератором, исследуемый формирователь значительно превосходит параметры радиосигналов, реализуемых на основе кварцевых генераторов, что свидетельствует о перспективности его применения в системах связи и измерительных устройствах

Ключевые слова: ПАВ-резонатор, базовая схема, девиация частоты, варактор, сдвиг центральной частоты, нелинейные искажения, моделирование, экспериментальные исследования

УДК 621.396.67

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ, РАСПОЛОЖЕННОЙ ПОД УКРЫТИЕМ С ПОГЛОЩАЮЩЕЙ ПЛАЗМОЙ

А.В. Исайкин, О.А. Соколова

Рассмотрена способность зеркальной параболической антенны под радиопрозрачным обтекателем с поглощающей плазмой отражать электромагнитную волну. Предложена методика оценки снижения отражения электромагнитной волны от зеркальной антенны за счет поглощающих свойств плазмы. Методика основана на геометрооптическом приближении. В качестве электродинамической модели реально возможных плазменных образований, создаваемых в закрытом объеме (под антенным укрытием), использовалась модель пространственно однородной плазмы. С помощью пространственно однородной плазмы моделировалось так называемое квазиоптимальное распределение концентрации электронов в плазме, обеспечивающей снижение отражательной способности антенны в заданном диапазоне длин волн. В отличие от известных ранее работ полученные в статье математические соотношения позволяют оценить степень снижения эффективной площади рассеяния зеркальной антенны в заданном диапазоне длин волн в зависимости от заданных для этого диапазона параметров плазменного образования

Ключевые слова: зеркальная параболическая антенна, радиопрозрачное укрытие, поглощающая плазма, снижение отражения электромагнитной волны, метод геометрооптической оптики

УДК 621.382.232

МАКРОМОДЕЛЬ СТАБИЛИТРОНА С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Оськин, А.В. Русанов, Ю.С. Балашов

В статье рассматриваются недостатки стандартной модели стабилитрона путём анализа её вольт-амперных характеристик в сравнении с характеристиками тестового стабилитрона в прямом и обратном смещении р-п перехода. За критерий точности моделирования принималась величина среднеквадратической ошибки отклонения. Предлагаемая макромодель стабилитрона повышает точность стандартной макромодели с помощью введения в подсхему встроенных SPICE моделей приборов, каждый из которых отвечает за определённый участок ВАХ и в целом позволяет моделировать стабилитрон во всём диапазоне рабочего напряжения. Подробно рассмотрено моделирование

наиболее критичной для стабилитрона области пробоя ВАХ и участка характеристики после пробоя. В работе приведена методика экстракции статических параметров Agilent Technologies для учёта эффектов, отклоняющих характеристику от идеальной: рекомбинационного тока, высокого уровня инжекции. Проведённый в работе заключительный анализ позволяет оценить целесообразность использования макромодели, устанавливает её достоинства и недостатки, а также возможность её дальнейшего усовершенствования и модификации для практического применения в области разработки полупроводниковых интегральных схем. Главное достоинство предлагаемой макромодели – готовое решение для использования в любой программе схемотехнического моделирования, поддерживающей SPICE синтаксис

Ключевые слова: SPICE модель, стабилитрон, макромодель, экстракция параметров

Машиностроение и машиноведение

УДК 53.072:621.791.4

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКЕ ТИТАНА

В.В. Пешков, А.Б. Булков, С.М. Ларсов

В данной статье описано влияние наличия и толщины слоя с мелкозернистой структурой на механические свойства диффузионно–сварных соединений. Появление этого слоя обусловлено рекристаллизацией в условиях сварки металла, подвергнутого деформации в процессе предварительной механической обработки. Глубина слоя с достаточной для рекристаллизации степенью деформации зависит от вида предварительной обработки и составляет от 8–10 мкм при шлифовании до 25 мкм при точении.

Исследования проводили на образцах из сплава ОТ4 с исходной крупнозернистой структурой. Контактные поверхности образцов подвергали механической обработке. Далее образцы делили на две партии в зависимости от вида обработки перед сваркой. Первая подвергалась сварке непосредственно после механической обработки, что приводило к образованию зоны мелкозернистого материала на границе раздела заготовок в процессе сварки. Вторая перед сваркой подвергалась вакуумному отжигу при 975 °С (выше температуры полиморфного превращения) для устранения влияния наклепа. Обе группы образцов сваривали при температурах 800–1000 °С и давлении 5 МПа, которое прикладывалось при достижении температуры сварки.

Экспериментальные исследования показали, что прочностные характеристики сварных соединений образцов первой группы в интервале исследованных температур и времени сварки (до температуры полиморфного превращения) имеют более высокие показатели прочности по сравнению с образцами второй группы.

Топография поверхностей разрушения сварных соединений показывает, что образцы первой группы в изломе имеют развитый рельеф, характеризуемый как транскристаллитным, так и интеркристаллитным распространением трещин. Образцы второй группы имеют квазихрупкий излом со слабо развитым рельефом. Разрушение сварного соединения происходит по плоскости контакта при интеркристаллитном распространении трещины.

Таким образом, наличие в зоне контакта рекристаллизованного слоя, обладающего большой деформационной способностью по сравнению с основным металлом будет способствовать повышению качества сварного соединения за счет создания благоприятных условий для развития собирательной рекристаллизации и формирования общих зерен вдоль линии стыка

Ключевые слова: титановые сплавы, микроструктура, диффузионная сварка, механическая обработка, рекристаллизация

УДК 621.91

РАСЧЕТ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СКОРОСТНОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО РЕЗАНИЯ

Ю.А. Цеханов

Современная чистовая обработка резанием для получения высокого качества поверхности и производительности осуществляется со все большими скоростями - до сотен метров в секунду. При этом проявляются инерционные свойства срезаемой массы, которые увеличивают силы резания за счет динамических явлений. Это необходимо

учитывать как при технологических расчетах режимов обработки, так и при проектировании режущего инструмента. Предложена инженерная теоретическая модель ортогонального резания с одной плоскостью разрыва скоростей течения срезанного материала, позволяющая получить верхнюю оценку мощности и сил резания на основе вариационных принципов теории пластичности. Введено понятие динамического коэффициента силы резания, показывающего во сколько раз сила скоростного динамического резания больше силы медленного статического резания. Получена формула для его вычисления в зависимости от геометрических параметров разрывного поля скоростей. Численный анализ показал, что значимо динамические инерционные свойства срезанной стружки (увеличение силы резания на 4%) проявляются при скоростях резания более 100 м/с. На основе вариационного принципа минимума мощности установлено, что с увеличением скорости резания толщина стружки увеличивается. Получены формулы для расчета мощности резания и ее составляющих в зависимости от скорости резания. Разработанная модель может быть использована в технологической практике и при изучении механики скоростного лезвийного и абразивного резания

Ключевые слова: резание, годограф скоростей, плоскость и угол сдвига, динамический коэффициент резания, мощность и силы резания

УДК 621.983; 539.974

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНА И СХЕМЫ ИХ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ В СОЕДИНЕНИЯХ

М.В. Семенов

Приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния слоистых конструкций из титана, элементы которых соединены с помощью диффузионной сварки. Используются методики, построенные на основе метода конечных элементов, а также теории упругости. На основе анализа результатов вычислительных экспериментов установлены условия влияния соотношения размеров элементов конструкций из титановых сплавов на формирование дефектов при их сварке. За основной фактор, влияющий на неравномерность перехода титана в пластическое состояние по контактной поверхности соединения элементов конструкции, принята эпюра распределения контактного давления. Выявлено влияние технологического листа, через который передается давление на свариваемые заготовки, на характер распределения нормальных напряжений по контактным поверхностям. Показаны расчетные данные исследования влияния сил трения на эпюру распределения контактных сил между соединяемыми деталями. Представлены рекомендации для проектирования конструкций изделий из титана, а также определения параметров технологического процесса диффузионной сварки, обеспечивающие минимальную вероятность появления дефектов в процессе их сварки

Ключевые слова: лист, наполнитель, толщина, напряжения, контактные силы, распределение, податливость, рекомендации

УДК 53.072:621.791.4

ПОЛЗУЧЕСТЬ СЛОИСТЫХ МИКРОСТРУКТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ

В.В. Пешков, А.Б. Булков

Эффективным средством, обеспечивающим снижение деформации заготовок при диффузионной сварке, является применение смешанных структур, в которых чередуются участки с α -зернами глобулярной и пластинчатой формы. В данной статье приведены результаты изучения высокотемпературной ползучести композитного материала, полученного диффузионной сваркой листов с указанными структурами.

Исследования проводим на образцах диаметром 11,3 и высотой 20 мм из сплавов OT4 и BT20, которые нагружали сжимающим давлением от 1,0 до 20,0 МПа при температурах 850-950 °С (OT4) и 900-975 °С (BT20).

В ходе работы установлено, что скорость ползучести сплавов со слоистыми структурами зависит от объемного содержания материала с крупнозернистой структурой и направления приложения давления по отношению к слоям в композитных заготовках.

В случае приложения нагрузки параллельно слоям композита скорость ползучести композита уменьшается прямо пропорционально увеличению доли слоев с крупнозернистой структурой.

В случае приложения давления перпендикулярно слоям композита его деформация в основном обусловлена деформацией слоев с мелкозернистой структурой и зависит от их толщины и количества. Если толщина слоев с мелкозернистой структурой сопоставима или меньше диаметра образца, то проявляется эффект их контактного упрочнения, вследствие сдерживающего действия соседних слоев материала с крупнозернистой пластинчатой микроструктурой, обладающих значительно более высоким сопротивлением деформации.

На основании проведенных исследований получены выражения для расчета скорости ползучести слоистых композитов

Ключевые слова: титановые сплавы, ползучесть, микроструктура, композит

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А.А. Болдырев, А.И. Болдырев, А.В. Мандрыкин, А.В. Перова

В статье рассмотрены вопросы оптимизации технологических процессов электрохимической обработки, сформулированы основные критерии оптимизации и рассмотрены особенности моделирования по каждому из них. Для оптимизации как направления совершенствования проектирования операций основными задачами являются формирование набора технологических факторов, подлежащих оптимизации, и определение оптимальных значений каждого технологического фактора.

Структурная оптимизация обеспечивает выбор наилучшего варианта технологического процесса (технологической схемы электрохимической обработки) в том случае, когда для каждого варианта определены оптимальные значения технологических параметров, т.е. проведена параметрическая оптимизация.

Параметрическая оптимизация состоит в отыскании допустимых режимов такой точки, для которой выбранный критерий оптимальности имеет экстремальное значение. Для решения оптимизационной задачи применяют методы линейного или нелинейного программирования. В результате находят оптимальные значения параметров (геометрия электрода-инструмента, график загрузки оборудования и др.).

С помощью принципа сопоставимости производится комплексная оптимизация, которая предусматривает проведение структурной и параметрической оптимизации одновременно. Задача комплексной оптимизации технологического процесса многофакторная. Решение ее требует развития научных основ процесса электрохимической обработки и методов оптимизации, позволяющих получить наибольшую производительность, требуемое качество обработанных поверхностей, экономичность

Ключевые слова: оптимизация, критерии, электрохимическая обработка

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ КОЛЕС С УЧЕТОМ РАВНОМЕРНОГО ПРИПУСКА ПРИ ОБРАБОТКЕ

О.И. Попова, А.В. Кривошея, М.И. Попова

Использование теории отображения аффинного пространства позволяет в компактном структурном матричном виде представить обобщенную математическую модель прямого и обратного формообразования зубчатых передач, а также разрабатывать математические модели конкретных геометро-кинематических схем формообразования.

В предлагаемой конструкции червячной фрезы благодаря уменьшению рабочей высоты зуба для первого, второго и третьего проходов сокращается длина основания каждого зуба, что дает возможность, не уменьшая прочности зуба, уменьшить угловой шаг зубьев в торцевом сечении и образовать на том же внешнем диаметре червячной фрезы большее количество реек. Увеличение количества реек дает большее количество профилирующих резцов, что позволяет обеспечить повышение точности обработки, а также уменьшить неравномерность нарезания и динамические нагрузки.

В данной статье получены математические модели формообразования червячных колес с учетом равномерного припуска при обработке. На основе теории отражения аффинного пространства установлены рациональные углы ножки зуба фрезы для второго и третьего проходов, которые находятся в диапазоне 14° - 15° , и величина перекрытия профиля, которая составляет 0,25 т. С использованием теории проектирования режущей части зубьев фрезы установлено, что задние углы на вершинном режущем лезвии, близкие к оптимальным значениям 7° ... 9° , рекомендованы для обработки бронзовых венцов червячных колес; задние углы на боковых режущих лезвиях минимальные у фрезы для третьего прохода и находятся в пределах $2,31^{\circ}$... $4,53^{\circ}$, что является приемлемым.

С полученными рациональными параметрами была изготовлена червячная фреза с разделенным припуском для обработки, которой были нарезаны червячные колеса

Ключевые слова: червячная фреза, червячное колесо, инструментальная рейка, деление профиля

УДК: 621:338(075)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПОСРЕДСТВОМ ИЗМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ТРУДА

О.О. Шендрикова, М.С. Луценко

В статье рассматриваются актуальные вопросы применения на промышленных предприятиях сдельной и повременной форм оплаты труда. Приводятся положительные и отрицательные аспекты применения указанных форм с точки зрения работников и работодателей, а также статистика применения повременной формы оплаты труда в странах Западной Европы и США. Описываются формы оплаты труда работников на исследуемом промышленном предприятии. Рассматриваются условия, необходимые для перехода промышленных предприятий города Воронежа на повременную оплату труда с целью решения проблем оптимизации форм и методов оплаты труда. Приводится перечень положений, регулируемых разрабатываемым документом о порядке оплаты труда работников в рамках перехода на повременную систему. Рассматриваются показатели, позволяющие компенсировать потери работников в заработной плате по сравнению со сдельной оплатой труда, а также распределяющие трудоемкость изготовления изделий с целью равномерного распределения загрузки работников в течение смены. Приводится пример формул для расчета данных показателей, применяемых на конкретном промышленном предприятии, позволяющих повысить заинтересованность рабочих в результатах труда, что является предпосылкой увеличения производительности труда и повышения эффективности производства вследствие перехода на повременную форму оплаты. Описываются условия премирования сотрудников в рамках разрабатываемой повременной системы оплаты труда. Рассматриваются формулы для расчета премиального вознаграждения для описанных положений выплаты премий. Описывается размер и источники средств, направляемых на оплату труда сотрудников, определяемые в пределах имеющихся финансовых ресурсов предприятия. Приводится разработанное в рамках перехода на повременную оплату труда положение, регламентирующее состав элементов, входящих в отработанное и неотработанное время

Ключевые слова: эффективность производства, производительность труда, повременная оплата труда, сдельная оплата труда, промышленные предприятия, результаты труда

УДК 621.9.047

КОМБИНИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ПРЕССОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.П. Смоленцев, С.С. Юхневич, В.Л. Мозгалин

В статье рассмотрены особенности протекания процессов комбинированной чистовой обработки прессованных материалов, обладающих различной проводимостью в зависимости от положения электрода-инструмента относительно вектора действия силы при их прессовании. Детали, полученные приведенными в статье методами, максимально приближены к форме готовой детали, но всегда имеются участки, где заданная точность обеспечивается окончательной обработкой. Этот процесс является весьма трудоемким, т.к. порошковые материалы имеют различные механические, тепло- и электротехнические характеристики, где для каждого участка требуется свой технологический режим. Для механической обработки такой процесс трудно осуществить даже с использованием современных материалов инструмента и высокоавтоматизированного оборудования. Все большую востребованность получают электрические методы обработки - часто в комбинации с другими процессами или при сочетании с различными видами тепловых, химических, механических, магнитных, ядерных воздействий. В статье приведены рекомендации по выбору технологических режимов материалов применительно к обработке проволочным электродом, что открывает возможность проектировать новые технологические процессы, в том числе с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства

Ключевые слова: прессованные материалы, удельная электропроводность, комбинированные процессы, технологические процессы, режимы

УДК 621.785.3: 669.29

ВЛИЯНИЕ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ СЛОЁВ И ОКСИДНЫХ ПЛЁНОК НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ПРОЧНОСТИ

А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Б.А. Коломенский

В настоящее время при производстве тонколистовых титановых конструкций предъявляются повышенные требования к качеству поверхности, а именно, регламентированное удаление газонасыщенных слоев и оксидных пленок травлением. По мнению большинства авторов, образование оксидных пленок и газонасыщенных слоев приводит к снижению прочностных и усталостных характеристик основного металла. Однако в литературных данных имеются сведения и о положительном влиянии частично сохраненных газонасыщенных слоев на механические свойства, что позволяет снизить безвозвратные потери металла.

В статье детально изучено влияние твёрдости предварительно сформированных газонасыщенных слоёв и температуры финишного отжига на ударную вязкость титановых сплавов различных групп прочности - ВТ1-0, ПТ7М и ВТ6ч. С этой целью формировали регламентированные газонасыщенные слои, подвергая образцы высокотемпературному отжигу, пескоструйной обработке и химическому травлению. Испытания образцов на ударную вязкость (КСУ) производили согласно требованиям ГОСТ 9454-78 с применением специальных приспособлений.

Показано, что применение оптимальных температур отжига может значительно повысить ударную вязкость сплавов технического титана ВТ1-0 и сплава пониженной прочности ПТ7м. При этом существенное значение имеет протяжённость и микротвёрдость газонасыщенного подслоя

Ключевые слова: поверхностное газонасыщение, отжиг, ударная вязкость

Физика

УДК 629.3.078 (625.878)

ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ С КОМПЛЕКСОМ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ДЛЯ РЕГУЛИРУЕМОЙ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Д.Е. Барабаш, Д.А. Забелин

Представлены результаты научно-практического обоснования использования поливинилового спирта в качестве пленкообразующего коррозионно-защитных покрытий. Показана перспективность совмещения водорастворимых контактных и летучих ингибиторов коррозии в составе контактной полимерной композиции с достаточным количеством гидроксильных групп, обеспечивающих защитные свойства коррозионно-защитной

пленки. Обосновано использование летучего и контактного ингибиторов коррозии – нитрита натрия и циклогексиламина, соответственно. Установлены рациональные соотношения ингибиторов коррозии, обеспечивающих заданные сроки защиты изделий в определенных климатических условиях. Для пленок чистого поливинилового спирта и содержащего комплекс ингибиторов различной концентрации экспериментально установлены значения равновесной сорбции, диффузии и проницаемости воды при 20 °С. На их основе получены уравнения диффузионной проницаемости пленок с варьируемым содержанием ингибиторов коррозии различного типа. Установлено, что при увеличении продолжительности контакта пленки с модельной средой в результате диффузии воды в образец увеличиваются сегментальная подвижность, свободный объем полимерной матрицы и, как следствие, диффузионная проницаемость пленки для субстрата и частиц комплекса, что приводит к более полному проявлению активности. Определена технология получения защитных покрытий на основе водорастворимого поливинилового спирта

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, поливиниловый спирт, диффузия

УДК 538.911:539.213

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АТОМНОЙ СТРУКТУРНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ МОДЕЛИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА ЖЕЛЕЗА В УСЛОВИЯХ ОДНООСНОГО НАГРУЖЕНИЯ

Д.Г. Дунаев, А.Т. Косилов, В.В. Ожерельев

В рамках метода молекулярной динамики на основе статистико-геометрического и кластерного анализа выполнено исследование эволюции атомной структуры металлического стекла железа в условиях одноосного сжатия со скоростью $3,3 \times 10^8 \text{ с}^{-1}$ при постоянной температуре 300 К. Для изучения эволюции ближнего атомного упорядочения в процессе нагружения проведено сопоставление динамики перестройки разных типов координационных многогранников.

Проанализирована динамика уменьшения числа исходных до нагружения координационных многогранников разных типов по мере накопления деформации. Установлено, что в меньшей степени подвержены перестройке многогранники с более высокой плотностью упаковки атомов: (0-0-12-0), (0-1-10-2), (0-0-12-2), (0-3-6-4), (0-2-8-2) и др. Наиболее устойчивыми являются икосаэдры (0-0-12-0). В то же время общее число многогранников любого типа в процессе деформации остается практически неизменным. Таким образом, перестройка атомной структуры стекла носит самосогласованный характер, при этом сохраняется неизменным количественное соотношение между разными типами сопрягающихся между собой координационных многогранников и обеспечивается воспроизводство икосаэдрической субструктурной организации системы в целом.

Проведен анализ взаимных переходов между икосаэдрами (0-0-12-0) и остальными координационными многогранниками. Из всех многогранников, в которые переходят икосаэдры, и наоборот, из которых образуются икосаэдры, наибольшая доля приходится на многогранники (0-1-10-2) и (0-2-8-2)

Ключевые слова: металлическое стекло, деформация, структурная самоорганизация, координационный многогранник, многогранник Вороного, икосаэдр