***Информатика, вычислительная техника и управление***

**СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ**

**ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ**

**М.А. Белых, В.Ф. Барабанов, С.Л. Подвальный, А.К. Донских**

**Аннотация:** производится краткий обзор эволюционных алгоритмов как методов поиска и оптимизации при моделировании различных процессов и управлении сложными объектами. Основным критерием рассмотрения алгоритмов является практическая эффективность в решении оптимизационных задач, в частности, задачи поиска оптимального маршрута. В качестве алгоритмов, перспективно подходящих для внедрения в структуру интеллектуальной системы поддержки эволюционных алгоритмов, рассматриваются генетический алгоритм, алгоритм муравьиной колонии и алгоритм пчелиной колонии, отмечены их преимущества и недостатки. Oсуществлен краткий обзор программных средств, работающих на базе эволюционных алгоритмов, с указанием их сильных и слабых сторон, в частности, их ориентированность на определенный алгоритм. Pазработана структурная схема интеллектуальной системы поддержки эволюционных алгоритмов, которая обладает универсальностью и не привязана к конкретному алгоритму. Интеллектуальная система состоит из совокупности модулей: интерфейсный модуль, модуль работы с документами, модуль математического ядра поддержки ЭА, модуль настроек, модуль формирования целевой функции, модуль справочной системы, графический модуль. Приведено описание функционирования каждого из них. Система позволяет осуществить выбор оптимального решения, варьируя параметры и используя инструменты, предоставленные системой или заданные пользователем

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, поиск оптимального маршрута, эволюционные алгоритмы, генетический алгоритм, муравьиный алгоритм, пчелиный алгоритм

**СХОДИМОСТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ГИДРОДИНАМИКИ**

**Д.К. Проскурин, Д.В. Сысоев,** **С.А. Сазонова**

**Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия**

**Аннотация:** анализируются результаты применения вариационного метода решения краевой задачи гидродинамики. С точки зрения численного исследования задач математической физики эти вариационные постановки рассматриваются как основа проекционных методов (метод Ритца). Рассматриваемая задача сводится к исследованию волновых колебаний свободной поверхности идеальной несжимаемой жидкости, находящейся внутри осесимметричной полости и подверженной действию однородного поля массовых сил. Представлены основные методики, позволяющие снизить затраты машинного времени и ускорить сходимость вычислительного процесса при расчете гидродинамических характеристик полостей различной конфигурации. Использование метода Трефтца позволяет сократить время расчета краевой задачи. Преобразование позволяет свести трехмерный интеграл к одномерному. Это создает универсальный метод определения гидродинамических коэффициентов для полостей вращения с произвольным контуром меридианного сечения. Однако для большинства конфигураций резонаторов скорость сходимости является удовлетворительной и обеспечивает численные значения с высокой степенью точности. Учитывая, что функции Бесселя дают быструю сходимость, но не являются полными, а полиномы Лежандра обладают полнотой, было реализовано построение вариационного ряда на основе «смешанной» системы функций. Эта методика позволила нам значительно ускорить и улучшить процесс сходимости для неблагоприятных случаев, когда использование каждой системы координатных функций в отдельности не привело к успеху

**Ключевые слова:** гидродинамика, вариационный метод, волновые колебания, жидкость, метод Трефтца, метод Ритца, цилиндрические функции, граничные условия, уравнение Лапласа

**СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ КОПИЙ ЭЛЕМЕНТОВ 3D-МОДЕЛЕЙ**

**С ИМПОРТИРУЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ**

**А.Н. Юров, Д.Е. Пачевский, В.В. Сокольников**

**Аннотация:** рассмотрены подходы по созданию новых элементов программным копированием, образованных от имеющихся 3D-моделей и представленных в экспортных форматах данных. Подготовлена структурная схема для проектирования программ по созданию копий элементов относительно базовых моделей с импортируемой геометрией. Для создания ассоциативных копий импортируемых моделей разработан автономный программный модуль. Программное решение в реализации построения копий выполнено на классах и методах открытого геометрического ядра Open CASCADE, где посредством диалогов, а также с помощью вспомогательных элементов производится построение подобных элементов от имеющихся моделей. Доступны режимы работы, когда копии могут быть получены по направлениям, по окружности относительно точки, масштабированием, зеркальным копированием и прочими подходами к моделированию тел. В проекте имеется возможность расширения функционала для получения ассоциативных копий элементов с использованием массивов данных и импортом параметров, представленных табличным видом. Кроме того, в программном модуле реализованы средства просмотра и представления моделей, а также их копий в отдельном масштабируемом окне, имеется функционал для изменения цвета моделей, удаления выборочной копии объекта, сохранения результатов в открытых экспортных форматах CAD систем. Разработка выполнена с использованием 64-х разрядной архитектуры операционных систем Windows

**Ключевые слова:** модули проектирования, импортируемые 3D-модели, геометрическое ядро Open Cascade

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОНЛАЙН НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА**

**С.А. Коваленко, Н.И. Гребенникова, В.А. Малиновкин,**  **П.С. Скочко**

**Аннотация:** использование новейших технических разработок на базе созданных электронных платформ позволяет организовать качественное онлайн-образование. Сформулированы требования к разрабатываемой платформе обучения, такие как возможность создавать и редактировать курсы, возможность прикреплять методические материалы разных расширений и медиафайлы к курсу, возможность создавать и редактировать лекции / тесты в рамках курса, возможность проведения видеоконференций в рамках курса, возможность просмотра полной статистики результатов тестирования по курсу для преподавателей и её выгрузка, возможность двунаправленного общения преподавателя с обучающимися через чат. Созданное приложение реализует компетентностный подход. Включает рассмотрение структурной схемы курса. Сущность «Курс» может состоять из секций, которые, в свою очередь, могут состоять из подсекций (лекции, тесты, видеоконференция). Курс включает в себя всю информацию секций для обучения в рамках определенных компетенций. Представлена схема управления правами со стороны преподавателя. Рассмотрены жизненный цикл курса, интерфейс его создания и алгоритм прохождения курса, что дает полное представление о функциональных возможностях и особенностях работы программного обеспечения на созданной электронной платформе

**Ключевые слова:** электронная платформа, лекция, тест, видеоконференция, компетенция, курс, прокторинг

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕДВОИЧНЫХ СИСТЕМ СЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ**

**ВЫСОКОТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

**М.Д. Новичков, Д.А. Орлов**

**Аннотация:** целью данной работы является нахождение способа повышения эффективности вычисления элементарных функций, когда критериями оценки эффективности являются быстродействие (зависящее от сложности алгоритмов, тактовой частоты процессора и степени распараллеливания) и требуемого для организации вычислений объёма оборудования. Для множества расчётов в науке и промышленности необходимо применение высокоточных вычислений. Однако при использовании методов, ориентированных на позиционную двоичную систему счисления, время осуществления вычислений довольно велико. В рамках данного исследования приведён обзор наиболее известных традиционных методов вычисления с повышенной точностью, изучены существующие решения с использованием недвоичных систем счисления. В частности, были описаны с преимуществами и недостатками такие системы счисления, как разрядно-логарифмическая, знакоразрядная система счисления и многомодульная система остаточных классов. Особое внимание было уделено системе остаточных классов, непозиционной системе счисления, которой присущ внутренний естественный параллелизм. После рассмотрения методов численного решения элементарных функций был разработан алгоритм ускоренного извлечения квадратного корня в системе остаточных классов. Данный алгоритм сформулирован на основе одного из методов, которые были проанализированы в ходе исследования, и может быть реализован как программный модуль, однако будет наиболее эффективен, будучи реализованным в виде электронной схемы на кристалле. Приведены описания условий, которые нужно учитывать в ходе аппаратной реализации алгоритма. Эти примечания содержат рекомендации по синтезу структуры устройства, принимая во внимание физические особенности распространения информационных сигналов в электронных комбинационных логических схемах

**Ключевые слова:** недвоичные системы счисления, высокоточные вычисления, модулярная арифметика, система остаточных классов, элементарные функции, извлечение квадратного корня

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА СЕРВЕРНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВИРТУАЛЬНЫХ РАБОЧИХ МЕСТ**

**Д.К. Проскурин, К.А. Маковий**

**Аннотация:** переход к облачным технологиям сопровождается значительными материальными затратами на формирование ИТ-инфраструктуры. Использование моделей, позволяющих оптимизировать аппаратные ресурсы, приводит к сокращению стоимости оборудования и повышает успешность инфраструктурных ИТ-проектов. Виртуализация клиентских рабочих мест значительно меняет способы взаимодействия с конечными пользователями и расширяет возможности для цифровой трансформации деятельности организации. Представлен генетический алгоритм для решения задачи выбора аппаратного обеспечения для формирования клиентских рабочих мест. Математическая модель выбора серверных платформ и объема памяти для размещения заданного количества виртуальных машин с заданными требованиями к оперативной памяти представляет собой задачу нелинейного целочисленного программирования, которая не имеет способов точного решения, поэтому для каждой такой задачи подбираются различные эвристические методы, позволяющие получить не точное, но достаточно хорошее решение за приемлемое время. Предложенный генетический алгоритм использует отличный от классического способ кодирования решения и разработанный оператор направленной мутации. Использование элитарной стратегии совместно с ранговой селекцией, помещение «лучшего» решения в генетический банк позволяют решить проблему попадания в локальные оптимумы и повышают сходимость генетического алгоритма

**Ключевые слова:** инфраструктура виртуальных рабочих столов, генетический алгоритм, элитарная стратегия, ранговая селекция

**АЛГОРИТМ ДЕТЕКЦИИ БУКВ И СТРОК НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ТЕКСТОВ, НАБРАННЫХ ПЕЧАТНЫМ ШРИФТОМ БРАЙЛЯ**

**С.Ф. Якушева**

**Аннотация:** предложен простой алгоритм детекции букв и выделения строк на сканах и фотографиях текстов, набранных печатным шрифтом Брайля, при помощи оконных свёрток. Алгоритм изначально разрабатывался для автоматической и полуавтоматической разметки датасетов для обучения распознающих нейронных сетей со сложными архитектурами для существенного ускорения процесса подготовки данных. Он основан на специфичности этого шрифта, в котором каждая буква кодируется комбинацией выпуклых точек, расположенных в узлах прямоугольной решетки. Для распознавания букв используется оконный фильтр, подобранный для обнаружения пар букв в строке, с пороговым отсечением. Затем жадным алгоритмом выделяются центры пар соседних букв. Далее при помощи взвешенных расстояний для каждой точки ищутся две ближайшие и соединяются ребрами во вспомогательном графе. Точки, входящие в одну компоненту связности в этом графе, объединяются в строку и выравниваются для улучшения качества итогового распознавания. Обнаруженные буквы затем могут быть декодированы, например, при помощи классифицирующих нейронных сетей или других анализирующих алгоритмов, и переведены в текст в соответствии с положениями в распознанных строках. Алгоритм не накладывает очень жестких ограничений на входное изображение и допускает уточнение параметров в соответствии с форматом шрифта, однако он неустойчив к перспективным искажениям и сильным деформациям и требует дополнительных корректировок при распознавании участков текста с небольшим числом выпуклых точек. Метод хорошо подходит для сканированных изображений и в дальнейшем при помощи качественной предобработки может быть обобщен для работы с фотографиями

**Ключевые слова:** шрифт Брайля, алгоритм детекции, оконные свертки, распознавание

**РЕШЕНИЕ НАВИГАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОСАДКОЙ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИССАДНОГО**

**ЛАЗЕРНОГО МАЯКА**

**Д.А. Смирнов, В.Г. Бондарев, А.В. Тепловодский, А.В. Николенко, К.В. Николенко**

**Аннотация:** oписана проблема существующих методов определения координат на этапе посадки летательного аппарата, которые имеют либо низкую точность, либо для реализации необходимо сложное оборудование. Поэтому были представлены особенности использования системы обеспечения посадки летательного аппарата с применением глиссадного лазерного маяка. Для осуществления посадки по лазерному глиссадному маяку необходимо дооборудование летательного аппарата системой технического зрения с помощью, c которой возможна автоматизация управления. В этом случае система технического зрения в полёте получает навигационную информацию о движении летательного аппарата в реальном масштабе времени. Осуществление посадки по лазерному маяку представленo путем математического моделирования процесса посадки по предложенному закону управления. Результаты моделирования показывают, что в конечной точке (точка касания взлетно-посадочной полосы) изменение высоты полета происходит плавно, что обеспечивает «мягкую» посадку. Движение осуществляется не по прямой, а по линии, близкой к экспоненте. Ввиду того, что работа с лазерными системами навигации оказывает воздействие на организм человека, был предложен безопасный способ использования данной системы и произведен расчет надежности функционирования. Предложенная система может быть применена на аэродромах любого класса и различных типах летательных аппаратов, на которых может быть установлено фотоприемное устройство и имеется система автоматического управления полетом в режиме посадки

**Ключевые слова:** летательный аппарат, посадка, система технического зрения, глиссадный лазерный маяк, надежность системы, обеспечение безопасности, математическое моделирование, лазерное излучение, взлетно-посадочная полоса

***Радиотехника и связь***

**ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВЫХ ЛИНЗОВЫХ АНТЕНН**

 **НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

**М.П. Беляев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин, Р.Е. Рогозин**

**Аннотация:** проведен анализ современных конструкций линзовых многолучевых антенн на основе параллельных печатных плат. Использование печатных плат позволяет создавать линзовые антенны различных форм и конструкций, обладающих небольшой массой, технологически простых в производстве. В настоящее время для создания различных радиотехнических устройств широко используются метаматериалы. Одна из типичных сфер применения метаматериалов связана с созданием линз, а также линзовых антенн на их основе. Pассмотрены различные типы метаматериальных линзовых антенн, реализованных на основе параллельных печатных плат: с отрицательным эффективным коэффициентом преломления, сферические, цилиндрические, плоские линзы различных типов. Сделаны выводы о достоинствах и недостатках использования параллельных печатных плат для создания метаматериальных линзовых антенн. Описана возможность использования параллельных печатных плат для создания перспективных конструкций линзовых антенн, реализованных с использованием трансформационной оптики. Приведено описание современных конструкций линзовых антенн высокой направленности на основе многослойных печатных плат. Трансформация фронта волны в таких линзах осуществляется за счет изменения электрических длин линий задержек, соединяющих антенны теневой и облучаемой сторон

**Ключевые слова:** многолучевые антенны, метаматериалы, метаматериальные линзы, линза Люнеберга, трансформационная оптика, печатные линзы

**МОДЕЛЬ НЕДВОИЧНОГО LDPC-ДЕКОДЕРА НИЗКОЙ СЛОЖНОСТИ НА ОСНОВЕ**

 **РАСШИРЕННОГО АЛГОРИТМА MIN-SUM**

**О.Ю. Макаров, Н.В. Астахов, А.В. Башкиров, М.В. Хорошайлова, А.С. Демихова**

**Аннотация:** информация, представленная в данной статье, направлена на уменьшение вычислительной сложности при моделировании помехоустойчивого декодера, работающего по алгоритму MIN-SUM. Основное внимание в представленной работе уделяется модификациям проверочной матрицы, в которых улучшена производительность декодирования с пониженной вычислительной сложностью. Слабым местом общепринятой модели является повышенное требование к объему памяти и вычислительная сложность. Модификации в алгоритме могут улучшить его показатели при разработке аппаратной архитектуры NB-LDPC-декодера. Приведен анализ производительности модифицированных матриц контроля по четности с точки зрения коэффициента битовых ошибок (BER) для длины кода стандарта IEEE 802.11n и 504. Описан вычислительный анализ модифицированных матриц контроля по четности. Предложен анализ эффективности нижней диагональной матрицы контроля четности (НДМ) и на основе двойной диагональной матрицы контроля четности (ДДМ) анализируются BER графиков и также оцениваются вычислительные сложности. Количество вычислений значительно меньше в НДМ по сравнению с другими матрицами. НДМ подходит для умеренной производительности декодирования с меньшей сложностью вычислений и на основе ДДМ структур. Предложенные модификации применимы для улучшения производительности декодирования с компромиссом по вычислительной сложности

**Ключевые слова:** матрица контроля четности, алгоритм декодирования min-sum, двоичная диагональная матрица контроля четности, нижняя диагональная матрица контроля четности

**СИНТЕЗ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С СЕКТОРНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ**

**А.В. Останков, А.С. Нечаев, С.Ю. Дашян**

**Аннотация:** при синтезе фазированной антенной решетки с секторной диаграммой направленности методами, основанными на разложении диаграммы в обобщенный ряд Фурье, затруднительно обеспечить заданные показатели качества направленности. Причинами ухудшения показателей секторной диаграммы являются конечное число используемых при синтезе базисных функций и ограниченность в пространстве амплитудно-фазового распределения на апертуре решетки. Цель работы – показать на примере линейной эквидистантной антенной решетки, что применение при синтезе оптимизированного шаблона оригинальной формы позволяет достичь улучшенных показателей секторной диаграммы направленности. Для обеспечения предыскажений диаграммы направленности предложен шаблон, один параметр которого определяет ширину, а второй – степень сглаженности вершины диаграммы. Малое число параметров шаблона дает возможность при его оптимизации отказаться от методов эволюционного поиска и упростить процедуру синтеза. На конкретных примерах показано, что применение оптимизированного шаблона позволяет достичь улучшенных показателей секторной диаграммы направленности. Так, удается существенно снизить амплитуду переколебаний вершины диаграммы направленности при максимально возможной крутизне её скатов, а также добиться точного соответствия ширины диаграммы исходно заданному сектору. Применение представленной методики синтеза позволяет проектировать линейные фазированные антенные решетки для формирования секторных диаграмм направленности с улучшенными показателями качества

**Ключевые слова:** фазированная антенная решётка, секторная диаграмма направленности, синтез, ряд Котельникова, шаблон, оптимизация

**Благодарности:** исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и НЦНИ в рамках научного проекта № 20-51-15001

**АЛГОРИТМ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА СИГНАЛОВ**

 **С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И МЕТОДА**

**ПЕРИОДОГРАММ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ**

**Д.В. Козлов, А.Б. Степанов**

**Аннотация:** работа посвящена описанию предложенного авторами алгоритма выполнения частотно-временного анализа сигналов с применением непрерывного вейвлет-преобразования совместно с использованием метода периодограмм Уэлча. При этом приводятся два метода вычисления непрерывного вейвлет-преобразования на основе взаимно-корреляционной функции и на основе быстрого преобразования Фурье. Представлены результаты реализации данного алгоритма на различных графических процессорах (на одноплатных компьютерах с графическим ускорителем и дискретных видеокартах). Выполняются оценка скорости вычисления непрерывного вейвлет-преобразования от частоты дискретизации входного сигнала, оценка скорости вычисления непрерывного вейвлет-преобразования и метода периодограмм Уэлча от числа физических каналов, оценка скорости вычисления метода периодограмм Уэлча от количества частотных ячеек. Было произведено сравнение скорости выполнения двух методов вычисления непрерывного вейвлет-преобразования. Как показали проведённые исследования, среди рассмотренных графических процессоров наилучшие результаты продемонстрировала дискретная видеокарта Nvidia GTX1660 SUPER, которая позволила выполнить предложенный алгоритм за 32,5 мс. Показано, что данный алгоритм может применяться при анализе электроэнцефалограммы с целью определения ее частотного состава и локализации во времени ее основных видов особенностей (соответствующих патологии и артефактам)

**Ключевые слова:** непрерывное вейвлет-преобразование, реализация, графический процессор, периодограмма, метод Уэлча

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМЫХ СТАНЦИЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ**

**Д.Г. Пантенков, В.П. Литвиненко**

**Аннотация:** в настоящее время повсеместное применение находят системы спутниковой связи, позволяющие осуществлять информационно-командный обмен между различными удаленными абонентами как фиксированными, так и подвижными. Любая система спутниковой связи непременно состоит из земной станции спутниковой связи (ЗССС) и множества абонентских терминалов (АТм) различного базирования (авиационных, морских и т.д.) и вариантов исполнения (носимых, возимых, устанавливаемых на подвижных объектах и т.д.). При этом зачастую особо важную роль играет качество разрабатываемых технических систем и устройств, непосредственным образом влияющее на эффективность решения поставленных целевых задач объектов, в состав которых входит данное оборудование. В статье под качеством оборудования понимается его надежность при эксплуатации, которая поддается количественной оценке, зависящей от целого ряда факторов. Представлены основные подходы к решению поставленной задачи, приведены ключевые требования к надежности ССС, а также представлен методический аппарат для определения надежности с учетом специфики решаемой задачи. Целью статьи является разработка научно-методического аппарата оценки показателей надёжности проектируемых станций спутниковой связи. Методический аппарат учитывает основные функционально связанные между собой показатели надёжности – время средней наработки на отказ, среднее время восстановления, коэффициент готовности изделия. Методические положения выполнения расчётов для формирования программы обеспечения надежности (ПОН) базируются на последовательном определении состава и структурной схемы надёжности (ССН) изделия, математической модели для каждого элемента и изделия в целом, определяющей основные расчётные соотношения для определения программы обеспечения надежности, учитывают основные технические ограничения. Оценка показателей надёжности компонентов (элементов, устройств) изделия осуществляется по иерархии структурной схемы надежности «снизу-вверх», поэтому значения показателей надёжности компонентов нижележащего уровня являются исходными данными для вычисления значений показателей надёжности компонентов вышележащего уровня. Разработанная методика является универсальной, инвариантной к входным параметрам и может быть применена для других систем (станций) из состава радиолинии спутниковой радиосвязи. Практическая значимость статьи заключается в возможности получения количественных оценок показателей надежности спутниковых станций еще на этапе ведения аванпроекта при обосновании проектных параметров аппаратуры или формирования тактико-технических заданий (ТТЗ) на выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР)

**Ключевые слова:** станция спутниковой связи, надежность, качество, наработка на отказ, среднее время восстановления, запасные части, инструменты и принадлежности, математическое моделирование, модель динамического процесса, расчёты

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОГНУТЫХ MIMO
АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ДЛЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**И.А. Баранников, К.А. Бердников, С.И. Деревянкин, Е.А. Ищенко, А.И. Сукачев,
С.М. Фёдоров**

**Аннотация:** рассматривается гибкая MIMO антенная решетка для сетей пятого поколения, которая способна обеспечить работу в миллиметровом диапазоне волн (mmWave). Разработанная MIMO антенная решетка, способная обеспечить прием и передачу сигналов в диапазоне n258 (24,25-27,5 ГГц) и n261 (27,5-28,35 ГГц). При исследовании было определено влияние изгиба антенного элемента на характеристики матрицы рассеивания (S-параметры), диаграммы направленности, коэффициента полезного действия. При применении изогнутой MIMO антенной решетки было обнаружено, что при малом радиусе изгиба происходит улучшение коэффициента корреляции огибающей, при этом эффективность сложения в MIMO системе не изменяется при формировании изгиба. При исследовании рассматривались изгибы радиусом 100 мм, 250 мм, 500 мм. Применение изогнутых антенных решеток позволяет установить большее число базовых станций с антеннами миллиметрового диапазона волн, что позволяет обеспечить наилучшее покрытие 5G mmWave, так как именно в этом диапазоне волн достигаются основные характеристики сетей пятого поколения: малая задержка при передаче сигналов (1 мс), высокая скорость передачи данных (1 Гбит/с). Развитие сетей пятого поколения открывает новые возможности для каждого пользователя не только в области потребления информации, но и в технологиях Интернета вещей

**Ключевые слова:** MIMO, 5G mmWave, изогнутая антенна

**ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТОКА УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ КЛАССА D С КОММУТАЦИЕЙ ТОКА**

**А.В. Шуваев**

**Аннотация:** рассматриваются основные характеристики усилителя мощности класса D с коммутацией тока (CSCD). Приводится доказательство того, что теоретическая максимальная эффективность слива, которая может быть достигнута при переключении тока усилителя мощности класса D, составляет 100%, при некоторых идеализированных предположениях, а именно: мгновенное переключение транзисторов, нулевое напряжение колена и идеальный шунтирующий резонатор с бесконечной добротностью и нулевыми потерями. В работе при анализе реального усилителя мощности показано, что эффективность слива уменьшается с увеличением значения 𝑉𝑑𝑠,𝑠𝑎𝑡/𝑉𝑚𝑎𝑥. Из-за влияния напряжения на колене усилитель мощности CSCD имеет лучшую производительность, чем усилитель мощности с коммутацией напряжения. Делается вывод о том, что главное преимущество усилителя мощности CSCD заключаются в том, что выходная емкость транзистора может быть шунтирована выходным резонатором, что приводит к переключению при нулевом напряжении. Однако по мере повышения частоты переключения при нулевом напряжении все труднее достичь с увеличением паразитной индуктивности, вносимой проводами. А также делается вывод о том, что выходной шунтирующий резонатор обеспечивает разомкнутую цепь на основной частоте и короткое замыкание на всех гармониках. Дроссельный индуктор обеспечивает разомкнутую цепь для всех гармоник четного порядка

**Ключевые слова:** теория усилителей, усилители на твердотельных (полупроводниковых) элементах, усилитель мощности класса D, эффективность стока

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОГО РЕСУРСА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ**

**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПА ЛИНЕЙНЫХ НАКОПЛЕННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

**ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

**З.Х.М. Аль-Араджи**

**Аннотация:** современные электронные блоки во время работы подвергаются различным видам нагрузок, таким как вибрация и удары. Вибрационная нагрузка, как одно из условий нагружения электронных узлов, стала очень важным ключевым фактором в оценке надежности современных электронных систем. Проблема здесь заключается в том, как быстро и точно выполнить анализ усталостной долговечности при вибрации. Вибрация приводит к повреждению печатной платы и нарушению целостности паяных соединений из-за возникновения повышенного напряжения. Рассматривается методика, которая отличается от традиционных использованием взаимосвязи между способами нагрузки и фиксации платы. Методики, предлагаемые ранее, не принимали во внимание тип установки компонентов на плату и ее влияние на распределение напряжения на поверхности. Показана взаимосвязь между механическим напряжением и способами фиксации платы. Оценка усталостной прочности печатной платы, которая поможет аналитику сделать относительно точное прогнозирование вызванной усталостной долговечности. Процесс моделирования средствами PTC Creo Parametric включает четыре граничных условия (закрепление) платы, с целью определения оптимального метода фиксации с наименьшим напряжением. Кроме того, определение усталостной долговечности с помощью математических уравнений до начала фиксации снижает затраты и время

**Ключевые слова:** печатная плата (ПП), вибрация, радиоэлектроника, конструкция, усталостная долговечность, PTC Creo Parametric, трехинтервальный метод

**СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

**Д.В. Журавлёв, А.А. Проводников**

**Аннотация:** благодаря общедоступности и развитию персональных вычислительных устройств стало возможным интегрировать их с системами телемедицины для различных целей. Особенно актуально создание высокоэффективных радиотехнических средств для систем дистанционного контроля и оценки функционального состояния человека. В статье представляется разработанный микродатчик-регистратор на основе микросхемы BMD101, позволяющий передавать информацию по радиоканалу, организованному на микросхеме BK3231 и проводить комплексную экспресс-оценку функциональной готовности человека с использованием методов неинвазивной диагностики. В режиме реального времени обнаружить сердечный ритм позволяет цифровая обработка сигнала, которая способна также произвести фильтрацию помех от промышленной силовой сети и помех, связанных с движением. Приводится список рассчитываемых статистических показателей и спектральных характеристик, выделенных в системы, принятых в качестве Европейского стандарта при исследовании сердечной деятельности. Демонстрируются примеры физиологической интерпретации результатов, полученных с помощью данного программного обеспечения. Выполнен цикл тестирований и последующий анализ полученных результатов показателей функционального состояния у 25 человек различного возраста и спортивной подготовки. В ходе экспериментов установлены основные закономерности результатов. Результаты экспресс-оценки могут быть использованы спортсменами, любителями, персональными тренерами и командами в своей спортивной практике

**Ключевые слова:** микросхема BMD101, показатели функционального состояния, неинвазивная диагностика

**РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ПЛИС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНЫХ**

 **РЕСУРСОВ**

**М.В. Хорошайлова**

**Аннотация:** приведено исследование, направленное на анализ различных решений для реализации архитектуры нейронной сети на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) с использованием ускорителей с плавающей запятой. В частности, исследуются две разные реализации: высокоуровневая архитектура для создания нейронной сети на основе программного процессора с различными стратегиями повышения производительности процесса и низкоуровневая архитектура, построенная с использованием каскада арифметических элементов с плавающей запятой, синхронизируемых и координируемых конечным автоматом, описанным на языке высокого уровня VHDL, который реализовал вычисление с плавающей запятой полной точности за долю времени выполнения. Это может принести пользу модели, позволяя включать в систему стандартные интерфейсы (такие как JTAG или I2C), полезные для многих приложений, при сохранении RTL-контроля над потоком данных. Анализ производительностей каждой из архитектур сведен в таблицы. Результаты, полученные в ходе этой работы, могут перейти в новую форму реализации нейронной сети на ПЛИС. Приведены сравнения достигнутой производительности с точки зрения затрат времени и ресурсов ПЛИС, используемых для архитектур. Используя аппаратное ускорение программного процессора для операций с плавающей запятой, было реализовано и протестировано на производительность альтернативное полиномиальное приближение для функций активации

**Ключевые слова:** ПЛИС, плавающая точка, нейронные сети, VHDL, высокоуровневая архитектура, производительность

***Машиностроение и машиноведение***

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВТОМАТИЗАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**А.П. Суворов, А.Э. Алешина, Т.П. Сафонова**

**Аннотация:** актуальность исследования обоснована расширением функциональных возможностей современных систем автоматизированного проектирования, которые включают в себя не только средства автоматизации большей части жизненного цикла изделия, но и применение облачных технологий, что существенно расширяет возможности их применения. В связи с этим статья направлена на раскрытие особенности применения современных средств автоматизированного проектирования и аддитивных технологий для изготовления сложных деталей или элементов конструкций в условиях единичного и опытного производства, когда необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований на основе проектирования и разработки сложнопрофильного электрод-инструмента для электрических методов обработки. В статье представлен метод проектирования и производства электрода-инструмента для электрических методов обработки с последующим нанесением токопроводящего покрытия, с использованием современных систем автоматизированного проектирования в опытно-конструкторском и единичном производстве. Материалы статьи представляют практическую ценность для предприятий машиностроительного комплекса, так как позволяют производить изменения технологии проектирования и изготовления сложных деталей или элементов конструкций. За счет применения современные системы автоматизированного проектирования и аддитивные технологии, что снижает себестоимость и повышает вариативность его применения

**Ключевые слова:** системы автоматизированного проектирования, аддитивные технологии, электрод-инструмент, электрохимическая обработка

**Формообразование осесимметричных оболочек для горячей части турбореактивного двигателя**

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

**Аннотация:** рассмотрена информация по формообразованию панелей на гибочно-растяжных прессах, позволяющих получать детали требуемого качества. Проанализированы вопросы формообразования осесимметричных оболочек в печах УВН, которые применяются для кожухов шумоглушения турбореактивных двигателей. Приведена технология изготовления металлических звукопоглощающих конструкций (ЗПК) горячей части двигателя. Приведены материалы, применяемые для изготовления ЗПК. Приведена оправа для калибровки осесимметричных оболочек. Выполненный расчёт увеличения диаметра оболочки при нагреве в печи УВН показал, что эта величина определяется коэффициентом линейного расширения материала оправы. Определены деформации и давление, возникающие в процессе формообразования. Приведено сравнение возникающих давлений на сотовом заполнителе с механическими испытаниями образцов и определены предельные напряжения сжатия. Особенность данного метода – малая величина увеличения диаметра оболочки при нагреве. Для расширения технологических возможностей процесса калибровки разработано устройство, позволяющее увеличивать степень деформации при формообразовании оболочки. Приведена конструкция устройства, позволяющая осуществлять процесс формообразования оболочек за счёт колец, выполненных из стали и титана. При этом за счёт различных коэффициентов линейного расширения перемещение дисков передается рычагам и разжимным секторам, контактирующим с оболочкой. Данная конструкция позволяет получать заданную степень деформации для оболочки, меняя геометрические размеры элементов устройства. Разработана методика проектирования устройства. Приведён пример расчёта перемещений рычагов устройства

**Ключевые слова:** оболочка, оправа, деформация, коэффициент линейного расширения, устройство

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ СВЕРЛЕНИЯ**

**ЗАГОТОВОК ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ**

**УПРУГОДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ**

**В.В. Куц, А.С. Бышкин, М.С. Разумов**

**Аннотация:** сверление отверстий - одна из распространенных операций при изготовлении деталей. Вследствие этого повышение эффективности данного процесса является актуальной задачей. Для повышения эффективности процесса сверления на базе Юго-Западного университета был разработан способ сверления в предварительно напряженно-деформированном материале заготовки, который подвергают упругой деформации нагрузкой, не превышающей предела пропорциональности материала заготовки. После снятия нагрузки размеры заготовки остаются прежними. Было показано, что при таком способе сверления наблюдается уменьшение осевой составляющей силы резания от 20 до 30%. Причиной этого является то, что в зону резания, а именно в зону первичных деформаций, материал заготовки будет поступать, находясь в предварительно деформированном состоянии, которое способствует насыщению кристаллической решетки обрабатываемого металла энергией. В рамках представленной работы было выполнено моделирование процесса сверления заготовок из цветных сплавов в предварительно упругодеформированном состоянии. Особый интерес при раскрытии механизма этого явления представляют исследование и описание изменения зоны предварительного упругодеформированного состояния обрабатываемого материала на различной глубине сверления. Исследование было выполнено в среде конечно-элементного анализа DEFORM-3D, которое показало, что упругодеформированное состояние обрабатываемого материала будет обеспечиваться в зоне резания на протяжении всего времени обработки

**Ключевые слова:** сверление, предел упругости, устройство, деформации, заготовка, разрушение, предел пропорциональности, физико-механические свойства, компьютерное моделирование, метод конечных элементов

**Благодарности**: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90108

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ МАЛОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ**

**Ю.А. Цеханов, М.Н. Подоприхин, И.В. Шепеленко, Я.Б. Немировский**

**Аннотация:** предложен метод определения пластичности малопластичных материалов. Он заключается в осевом сжатии цилиндрического образца, состоящего из нескольких сопряженных втулок из разных материалов: из исследуемого малопластичного и из высокопластичных. При деформировании в исследуемой втулке создается высокое гидростатическое давление, повышающее ее пластичность и деформируемость. Разработана теоретическая модель сжатия такого составного образца, позволяющая экспериментально достигать пластического разрушения хрупкого материала при высоком гидростатическом давлении. Это достигается как выбором пластичного материала, так и положением втулки из малопластичного материала по отношению к втулкам из высокопластичных материалов. Точность предложенного метода подтверждена сравнением результатов расчетов как по модели, так и с помощью метода конечных элементов. Расчеты, выполненные по разработанной модели, позволяют определять параметры напряженно-деформированного состояния образца из исследуемого малопластичного материала, а также его накопленную до разрушения деформацию при различных отрицательных значениях коэффициента жесткости. Разработанный метод использован для определения пластичности чугуна СЧ20, из которого изготавливаются гильзы двигателей, обрабатываемых с помощью деформирующего протягивания, когда в контактной зоне с инструментов возникают большие гидростатические давления и пластические деформации. В этом случае для оценки качества обработки необходимо рассчитывать ресурс использованной пластичности с помощью диаграммы пластичности чугуна. В экспериментах достигнуты значительные деформации хрупкого чугуна. Полученные результаты позволили построить диаграмму пластичности чугуна в области высокого гидростатического сжатия

**Ключевые слова:** теоретическая модель, напряженно-деформированное состояние, чугун, пластичность, деформация