

Информатика, вычислительная техника и управление

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОКРЕСТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ С НЕЧЕТКОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

И.А. Седых

Аннотация: окрестностные модели и их модификации применяются для моделирования различных распределенных систем и процессов. Дано определение неиерархической динамической окрестностной модели с векторными входами и состояниями, функционирующей в дискретном времени. Приведены уравнения функции пересчета состояний в случаях полного и неполного графа структуры. Показан общий вид линейной функции пересчета состояний. Рассмотрен пример состоящей из двух узлов динамической окрестностной модели, для которой приведены граф структуры, матрицы смежности и уравнения пересчета состояний в общем и линейном случаях. Приведено понятие двухуровневой нечеткой динамической окрестностной модели с нечеткой иерархической структурой, каждый узел первого уровня которой нечетко связан с входящими в него узлами второго уровня. Рассмотрен алгоритм нечеткой структурной и параметрической идентификации двухуровневой окрестностной модели, показана его блок-схема. Приведен пример структурной и параметрической идентификации линейной динамической окрестностной модели с нечеткой иерархической структурой. Показано, что на тестовых данных введение нечеткой иерархической структуры в несколько раз уменьшает среднюю квадратическую ошибку идентификации и значительно улучшает адекватность окрестностной модели

Ключевые слова: линейные динамические окрестностные модели, иерархия, нечеткая структура, структурная и параметрическая идентификация

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-48-480007 p_a)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ СКВОЗНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ЦИФРОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.В. Бредихин, М.В. Кузнецов, Ю.М. Школьников

Аннотация: одним из важнейших факторов, определяющим успешную производственную деятельность компании в конкурентных условиях, является использование промышленных информационных технологий, обеспечивающих автоматизированное взаимодействие между объектами технологической подготовки производства и позволяющих управлять разработкой технологических процессов в единой информационной среде предприятия. Внедрение данных программных средств позволяет организовать совместную и параллельную технологическую подготовку производства, сократив время на согласование инженерных решений и повысить актуальность технической информации. Описывается процесс разработки методики формирования сквозного технологического процесса механической обработки с использованием PLM системы Teamcenter. Рассмотрены вопросы редактирования модели данных PLM системы и адаптации ее к отечественным стандартам управления технологической подготовки производства. Используемая в модели данных объектная модель позволяет организовать иерархию информационных объектов с наследованием свойств и поведения бизнес-объектов. Предложенная технологическая платформа позволяет полностью управлять созданием технологического маршрута, а также передавать элементы формируемого технологического процесса на разработку цеховым технологам. Элементами технологического процесса могут быть технологические передель, цеховые технологические процессы и операции. Все они являются самостоятельными объектами. Разработанное решение позволит сократить время разработки технологических процессов за счет управления совокупности взаимосвязанных технологических данных. Показана возможность учета отраслевых особенностей в процессе кастомизации информационной системы

Ключевые слова: сквозной технологический процесс, PLM, машиностроение

ЦЕЛЕВАЯ АРХИТЕКТУРА ГИБРИДНОГО АНАЛИТИЧЕСКОГО ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

С.Л. Подвальный, В.Ф. Барabanов, Ф.Г. Логинов, С.А. Коваленко

Аннотация: рассматривается проектирование решения для сбора, хранения, real-time обработки и анализа Big Data (больших данных) для одной из ведущих российских мультиформатных продуктовых розничных компаний, работающих как в сфере прямых розничных продаж, так и в сфере электронной коммерции. Объектами исследования являются предъявляемые заказчиком требования к системе; существующая IT-архитектура заказчика, включающая различные системы-источники данных, хранилище данных, системы бизнес-аналитики и визуализации данных; лучшие практики построения масштабируемых высоконагруженных систем обработки и анализа данных; целевая архитектура проектируемого корпоративного хранилища данных. Актуальность разработки решения определяется тем, что в настоящее время происходит постоянный рост объема данных, обработка и анализ которых посредством использования традиционных методов анализа данных трудноосуществима или же неосуществима вообще. В связи с чем наиболее востребованным направлением развития становится разработка хранилища данных гибридной архитектуры, включающей в себя компоненты классического Business Intelligence, Big Data, а также инструменты виртуализации данных, позволяющие объединить данные компоненты в рамках единой системы. Описан сбор и анализ требований к системе, проведенный при разработке системы, приведен анализ платформ Big Data, описаны критерии представленных на рынке систем массово-параллельной обработки и обоснован выбор платформы, рассмотрены решения для предоставления бесшовного доступа к данным и описана имплементация целевой архитектуры гибридного аналитического хранилища. Представлена архитектура хранилища в нотации UML. Разработанная система отвечает всем требованиям к системам для хранения и анализа больших объемов данных, является горизонтально масштабируемой, отказоустойчивой и высокодоступной. Полученное решение поможет сократить затраты на рабочую силу, а использование в разработке программного обеспечения с открытым исходным кодом позволяет еще больше снизить затраты на разработку и использование программного комплекса

Ключевые слова: хранение данных, гибридная архитектура хранилищ данных, система обработки и анализа данных

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕСТА ВНУТРИСХЕМНОГО КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ СХЕМ

Г.В. Петрухова

Аннотация: объектом исследования является тест контроля цифрового устройства на наличие неисправностей, моделируемых как «константная» и «короткое замыкание». Тест представлен бинарной матрицей. Минимальной структурной единицей разбиения бинарной матрицы является ее столбец. В качестве преобразований выбраны перестановки одинаковых столбцов между собой. Такие преобразования сохраняют структуру матрицы. Исследуются свойства симметрии бинарной матрицы и определяется мера ее симметричности. Построенная модель позволила получить энтропийный критерий, позволяющий ранжировать тесты, представляющие собой бинарную матрицу, в порядке их предпочтительности. Показано использование полученных теоретических результатов в задачах тестового контроля цифровых устройств. Представленный критерий позволяет анализировать наличие одиночных неисправностей типа «константная» и «короткое замыкание» и определять качество тестов, представленных бинарной матрицей. Контрольные точки могут включать входы цифрового устройства, его выходы и доступные внутренние точки. Предполагалось, что неисправность типа «короткое замыкание» может возникнуть между любыми контрольными точками тестируемой цифровой схемы, неисправность типа «константная» – в любой контрольной точке тестируемой цифровой схемы. Строились тесты, покрывающие все возможные одиночные неисправности указанных типов в контрольных точках. Представлены результаты исследования полученного критерия. Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод о целесообразности использования энтропийного критерия в теории и практике тестирования цифровых устройств

Ключевые слова: энтропия, симметрия, бинарная матрица, цифровое устройство, тестовый контроль, неисправность типа «короткое замыкание», неисправность типа «константная»

Радиотехника и связь

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ЛИНЗЫ РОТМАНА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НА ПОДВИЖНЫХ НОСИТЕЛЯХ

Л.Н. Коротков, Ю.Г. Пастернак, С.М. Фёдоров, В.И. Чугуевский

Аннотация: исследуется влияние изменения геометрии полосковой линзы Ротмана на ее рабочие характеристики. Линза Ротмана (иногда называемая линза Ротмана-Тёрнера) представляет собой тип диаграммообразующей схемы. Эта линза позволяет формировать несколько антенных лучей без использования переключателей или фазовращателей. Антенные элементы подключены к одной из торцевых сторон линзы, при этом порты лучей находятся на противоположной стороне. Вы можете представить линзу как квази-микрополосковую (или квази-полосковую) схему, где месторасположение портов лучей подобрано так, чтобы достичь постоянных фазовых сдвигов на портах антенных элементов. Когда антенные элементы запитываются линейно изменяемыми фазами, устройство ведет себя точно как фазированная решетка. Одним из замечательных свойств этой линзы является то, что, несмотря на наличие множества портов на 50 Ом, они остаются изолированными, поэтому не оказывают влияния на потери (или зашумленность) смежных лучей. У хорошо спроектированной линзы Ротмана потери могут составлять всего 1 дБ. Поскольку структура больше похожа на плоскопараллельный волновод, чем на линию передачи, линейные программы моделирования антенн не подходят, и приходится использовать численные методы, которые применял сам Ротман, или мощные программные комплексы. В результате проведенного натурного эксперимента получены характеристики согласования для исходной и трансформированной линзы, которые сравниваются с расчетными параметрами антенны

Ключевые слова: антенная решетка, линза Ротмана

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ПРИ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СЕГМЕНТА АНАЛИЗА

А.А. Афанасьев, Р.С. Власов, В.Г. Лисичкин, А.В. Питолин

Аннотация: изложены материалы по исследованию такого свойства речевого сигнала, как однородность (подобность) распределения мгновенных значений отсчетов. Данное свойство может быть использовано в различных способах динамичного определения границ сегментов обработки речи. Этот подход ориентирован на системы кодирования речи на основе линейного предсказания. В качестве параметров предсказания используются линейные спектральные частоты. Методы последовательной статистики, применяемые при анализе сегмента речи, требуют обоснованности ограничительных констант, необходимых для принятия решения о расширении сегмента. Данные константы рассчитываются исходя из ошибок первого и второго рода с учетом требований, предъявляемых к системам передачи речи. Линейные спектральные частоты, рассчитываемые на каждом шаге расширения, претерпевают незначительные (в пределах шага квантования) изменения по отношению к начальному сегменту. Это обстоятельство позволяет использовать результаты анализа начального участка для восстановления участка, расширенного вышеуказанным способом, что позволяет существенно снизить как вычислительную сложность, так и скорость кодирования речевого сигнала. При этом необходимо учитывать требования стандартов по алгоритмическим задержкам в обработке речи, которые ограничивают максимально возможный сегмент анализируемых данных по длине

Ключевые слова: речевой сигнал, сегмент анализа, линейные спектральные частоты, шаг квантования, расширение сегмента

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗВЕШЕННОЙ ОЦЕНКИ КАНАЛА РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ МНОГОАНТЕННЫХ OFDM-СИСТЕМ

О.Н. Чирков

Аннотация: рассматриваются современные помехоустойчивые способы оценки радиоканала связи в высокоскоростных стандартах передачи данных LTE, использующих ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием. Проведен анализ методов повышения эффективности алгоритмов оценки каналов радиосвязи, основанной на пилотных сигналах. Предложена математическая модель взвешенной оценки канала радиосвязи для систем с ортогональным частотным уплотнением каналов с множеством приемных и передающих антенн. Приведена блок-схема взвешенной итерационной оценки радиоканала MIMO OFDM-системы, основанная на оптимизированных весовых коэффициентах для систем множественного доступа с частотным разделением каналов с одной несущей. Проведено моделирование LTE системы связи с двумя передающими антеннами на базовой станции и двумя приемными антеннами в стандарте EUTRA. Результаты моделирования показали, что предложенная модель позволяет обеспечить улучшение характеристик среднеквадратичной ошибки приема MSE и блочной ошибки BLER по сравнению с пилотным оценщиком. Экспериментальным путем показано, что для достижения почти оптимальной производительности предложенной взвешенной итерационной оценки радиоканала достаточно использовать 3 итерации. Выигрыш в эффективности MSE-характеристики до 5 дБ, улучшение BLER ошибки – 2 дБ

Ключевые слова: оценка канала, пилотный сигнал, взвешенная оценка, итерация, весовые коэффициенты

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЕСКОНТАКТНОГО СЧИТЫВАНИЯ ЭКГ СИГНАЛОВ

Д.В. Журавлев, И.А. Сафонов, И.В. Остроумов, И.С. Анисимов

Аннотация: рассмотрены особенности разработки системы, предназначенной для бесконтактного считывания медико-биологических показателей (сигналов ЭКГ), путем расчета и моделирования электрической схемы, позволяющей в системе бесконтактного датчика регистрировать биоэлектрические потенциалы организма человека. Электрическая схема обеспечивает максимальное усиление в наиболее выгодных условиях. Если опираться на худшие показатели, амплитуда QRS-комплекса достигнет предела усиления при появлении лучших условий съема биопотенциалов. Емкостные электроды позволят выйти на совершенно новый уровень удобства и комфортабельности использования биомедицинских измерительных приборов в повседневной жизни, а также позволят существенно снизить затраты за счет весьма продолжительного срока использования таких электродов. Активный фильтр, помимо всего прочего, также помогает избавиться от синфазной помехи, наводимой сетью питания. Модель включает непосредственно электрод, обеспечивающий бесконтактное считывание биопотенциалов человека через емкостную связь; буферный каскад, необходимый для согласования приемной части устройства с последующими каскадами; высокочастотный фильтр с требуемой частотой среза; делитель напряжения в качестве смесителя постоянного напряжения на необходимое значение; активный фильтр, служащий для конечного усиления и низкочастотной фильтрации электрического сигнала

Ключевые слова: система бесконтактного считывания медико-биологических показателей, ЭКГ, активный фильтр, емкостный электрод

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ TSV-ОТВЕРСТИЙ И RDL-СЛОЕВ НА ТЕПЛОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ В 3D-DRAM

Д.А. Хараджиди, К.Н. Багнюков, Н.В. Ципина, А.В. Муратов

Аннотация: рассматриваются особенности конструкций 3D-DRAM (dynamic random access memory – англ., динамическая память с произвольным доступом) сборок интегральных схем (ИС) с различным расположением TSV-отверстий (through-silicon via - англ., связи сквозь кремний), бампов (bump - англ., припойный шарик), наличием/отсутствием RDL (redistribution layer - англ., перенаправляющий слой) на кристаллах стека и логики. Исследуется зависимость влияния положения составных элементов на тепловыделение каждого отдельно взятого элемента сборки и всей системы в целом. Для проведения термического исследования промоделировано 4 варианта конструкции трёхмерных интегральных схем в зависимости от расположения сквозных кремниевых отверстий и перенаправляемого слоя на памяти и логике: ребро + нецентр, центр + центр, ребро + центр + RDL и центр+RDL + центр + RDL. Каждому ключевому элементу сборки присвоены свойства их реальных прототипов такие, как плотность, температура плавления, теплопроводность, коэффициент теплового расширения, удельная теплота плавления. Термическое исследование проведено при помощи современных систем автоматического проектирования. Определён наиболее оптимальный по тепловыделению и по стоимости всей системы вариант сборки

Ключевые слова: TSV, 3D-сборка, RDL, моделирование, проектирование, теплоанализ

ЭВОЛЮЦИЯ ВОСПРИНИМАЕМОЙ ЧАСТОТЫ СФЕРИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

И.П. Попов

Аннотация: установлено, что частота электромагнитной волны, воспринимаемая приемником, не всегда совпадает с частотой излучения. Наиболее распространенным примером тому является эффект Доплера, который, вместе с тем, не является единственно возможной причиной такого несовпадения. При суперпозиции волн воспринимаемая частота равна промежуточному значению их частот, например, сочетание синего и желтого цвета воспринимается как зеленый. Электромагнитная волна, излучаемая уединенным точечным источником, является сферической. Это амплитудно-модулированная волна. В этой связи она не является монохроматической. Воспринимаемая частота электромагнитной сферической волны меньше частоты излучения. Чем выше излучаемая частота ω_0 и расстояние между источником и приемником, тем больше разница между излучаемой и воспринимаемой частотами. Три формулы для частоты сферической электромагнитной волны получены на основе различных математических моделей. В этой связи ключевую роль может сыграть эксперимент. При этом каждая формула может иметь лучшее соответствие в определенной пространственной зоне. Воспринимаемая частота сферической электромагнитной волны в любом случае меньше исходной частоты излучения и уменьшается по мере удаления от источника, что обуславливается математическими особенностями спектра сферической электромагнитной волны

Ключевые слова: источник, приемник, излучение, волна, частота, спектр

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГРАДИЕНТНЫХ КАРТ БЛИЖНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДВУХСТОРОННИХ И МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

М.А. Ромащенко, А.Л. Неклюдов, Д.В. Васильченко

Аннотация: в современном мире при стремительно развивающейся радиоэлектронной промышленности электромагнитная совместимость устройств для обеспечения их безотказной работы играет наиважнейшую роль. На этапе проектирования и выпуска прототипов образцов производится ряд тестов, в том числе и тесты на электромагнитную совместимость. Однако все существующие методы являются дорогостоящими и малоэффективными во множестве факторов. В данной статье рассмотрены метод испытания радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) при помощи сканера электромагнитных полей, а также его конструкция. Такие сканеры имеют высокую точность измерений и низкую себестоимость по сравнению с другими методами испытаний. Основными недостатками подобных сканирующих устройств являются невозможность сканирования испытуемого изделия с изменением высоты и, как следствие, низкая достоверность результатов измерений. Предложенная конструкция сканера в сочетании с программным обеспечением (ПО) имеет возможность построения карты высот, что увеличивает достоверность полученных результатов и ускоряет процесс испытания изделия. В результате на экране ПК нам представляется 3D-модель электромагнитных излучений испытуемого образца. По ней можно не только узнать, в какой части печатной платы находится точка с наибольшей напряженностью электрического поля, но и расстояние до неё

Ключевые слова: электромагнитная совместимость РЭС, сканер ближнего электромагнитного поля, ближнее электромагнитное поле, датчик расстояния

РЕЛАКСАЦИОННЫЙ ПОЛУСТОХАСТИЧЕСКИЙ ИТЕРАЦИОННЫЙ ДЕКОДЕР ДЛЯ LDPC-КОДОВ

М.В. Хорошайлова, И.В. Свиридова

Аннотация: представлен релаксационный полустохастический (ПП) с низкой плотностью проверки на четность (от англ. low-densityparity-check, LDPC) алгоритм декодирования, который использует некоторые элементы алгоритма суммарного произведения (от англ. thesum-product algorithm, SPA) в своих переменных узлах, но поддерживает пережитель низкой сложности и структуру проверочного узла, характерную для стохастических декодеров. Алгоритм основан на принципе последовательной релаксации для преобразования двоичных стохастических потоков в представление логарифмического отношения правдоподобия (LLR). Переменные узлы используют метод, аналогичный последовательной релаксации для оценки текущего значения входящих стохастических потоков. Моделирование (2048, 1723) кода RS-LDPC показывает, что релаксационный полустохастический алгоритм может превосходить 100-итерационное декодирование sum-product алгоритма с плавающей точкой. Представлены подходы для реализации релаксационного полустохастического алгоритма с низкой сложностью. Кроме того, показано, как стохастическая природа распространения доверия может быть использована для снижения уровня ошибок. Свойства случайной сходимости являются естественной частью всех стохастических декодеров и играют важную роль в улучшении существующих алгоритмов итеративного декодирования, делают их еще более привлекательными для высокоскоростных приложений с низким BER. Исследована упрощенная реализация алгоритма с фиксированной запятой, производительность которого близка к идеальному алгоритму

Ключевые слова: стохастическое декодирование, низкоплотный декодер, проверочный и переменный узлы, sum-product алгоритм

ИТЕРАТИВНАЯ МЕТОДИКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО ПРИЕМА QAM-СИГНАЛОВ

О.Н. Чирков, А.О. Кузнецова

Аннотация: описан итеративный турбоприемник для изменяющихся во времени каналов замирания, работа которого строится на основе оценки смещения канала и частоты вместе с обнаружением сигнала и декодированием данных. В работе были проанализированы оценки Байеса, максимального правдоподобия и регуляризованного максимального правдоподобия в зависимости от того, насколько доступны различные показатели статистики канала радиосвязи, а также представлены результаты моделирования, показывающие возможности дальнейшего развития технологий. Рассмотрены различные подходы для получения наибольшей производительности, выявлены положительные и отрицательные стороны каждого из них, представлен усовершенствованный алгоритм работы на базе турбосистемы модуляции QAM посредством увеличения числа перемежателей. Совместная оценка канала и обнаружение QAM-сигнала основаны на представлении модели расширения базы времени затухания. Для отслеживания частотного сдвига использовалась дихотомическая методика поиска. Информация, генерируемая в турбокоде, используется для увеличения эффективности предложенной методики в последующих итерациях. Результаты моделирования показали, что модели помехоустойчивого приема QAM-сигналов, предлагаемые в данной работе, имеют крайне высокую производительность, при этом используют меньшую статистическую информацию о радиоканале связи

Ключевые слова: приемник, итеративная оценка, результирующая оценка, канал, декодер

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СОВРЕМЕННЫХ ЛАМПОВЫХ УСТРОЙСТВ И АНАЛИЗ ИХ ЭФФЕКТИВНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПЕРЕД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ

А.В. Башкиров, С.Е. Иванников, А.М. Колядина, А.С. Демихова

Аннотация: рассматриваются тенденции развития современных ламповых электронных устройств в концепции их технических, технологических и экономических преимуществ перед полупроводниковыми электронными устройствами. Проводится анализ актуализации развития таких устройств в современной радиоэлектронике. Представлено сравнение критически важных показателей ламповых и полупроводниковых электронных станций (ЭС). Обзор и прогнозирование деградационных явлений в современных высокотехнологичных лампах. Это исследование включает информацию об истории и схемотехнике вакуумных ламп, теории проектирования усилителей и методах измерения звука, которые могут быть полезны для дальнейшей работы аудиоинженеров. В исследовании рассматриваются основные принципы усиления сигнала в низкочастотном диапазоне (звуковой частоты). Результатом исследования являются усилители на базе электровакуумных приборов, а также анализ будущих перспектив устройства. На основе открытых отечественных и зарубежных источников делается вывод о том, что современные электровакуумные приборы (радиолампы) обладают лучшими по сравнению с полупроводниковыми приборами характеристиками, а именно: они малозумящие, устойчивы к радиации. Однако и обладают существенным недостатком, а именно: малым сроком службы по сравнению с полупроводниковыми устройствами

Ключевые слова: современные высокотехнологичные ламповые компоненты, ламповые усилители, деградационные процессы в радиолампах

Машиностроение и машиноведение

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ МНОГОРАЗОВОГО ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Ф. Ефимочкин, А.А. Пономарев, М.А. Любинецкий

Аннотация: в ходе работы для вновь разрабатываемых жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) многоразового использования определены два основных метода технической эксплуатации – это техническая эксплуатация по ресурсу (ТЭР) и техническая эксплуатация по состоянию (ТЭС). Формирование состава работ по контролю технического состояния (КТС) двигателя определяется уже на этапе опытно-конструкторской работы (ОКР) и постепенно сокращается до минимального уровня к моменту завершения ОКР. К моменту передачи двигателя в эксплуатацию перечень операций по КТС должен быть оптимальным и соответствовать критерию минимальной стоимости. Изложен перечень типичных работ, выполняемых при КТС на двигателе в межполетный период. Также приведены структура системы диагностирования двигателя и принципиальная схема межпускового диагностирования. В целях сокращения стоимости и своевременного определения технического состояния ЖРД составлена методика проведения функциональной диагностики ЖРД. Она основывается традиционно на выполнении инженерного анализа телеметрической информации и на использовании компьютерных диагностических программ в автоматическом режиме. Разработан алгоритм обнаружения неисправности двигателя с использованием анализа показателей бортовой аппаратуры двигателя. Приведен пример определения наличия неисправности в ЖРД с помощью данного алгоритма. Представлена оптимальная технология диагностирования ЖРД

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, диагностика, контроль технического состояния, функциональная диагностика, компьютерная диагностика

ОПТИМИЗАЦИЯ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ И ПЕРИОДА ЗАМЕНЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В РЕЖИМЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ

А.В. Анцев, Н.И. Пасько

Аннотация: рассматривается задача оптимизации скорости резания и периода замены режущего инструмента непосредственно в процессе обработки партии деталей на конкретном металлорежущем станке с учетом variability процесса резания. Так как период стойкости является случайной величиной, то стойкостная зависимость задана в виде закона распределения периода стойкости и зависимости параметров закона распределения от параметров режима резания. В данной работе предполагается, что период стойкости режущего инструмента подчиняется логнормальному распределению. Для учета неопределенности состояния металлорежущего станка при проектировании технологического процесса параметры стойкостной зависимости уточняются последовательно по мере накопления статистических данных о наработке и износе режущего инструмента, а на основании этой зависимости по критерию удельных затрат находится оптимальная на текущем шаге адаптации скорость резания и период замены режущего инструмента. Параметры стойкостной зависимости оцениваются с использованием метода наибольшего правдоподобия. Представлен алгоритм оптимизации скорости резания и периода замены режущего инструмента непосредственно в процессе обработки партии деталей. Предложенное решение иллюстрируется на числовом примере токарной обработки. Показывается сходимость алгоритма к оптимуму по критерию удельных затрат, то есть средних затрат на обработку, износ и замену режущего инструмента и возможный брак, приходящихся на одну обработанную деталь

Ключевые слова: оптимизация, скорость резания, период замены, удельные затраты, стойкостная зависимость, износ, логнормальное распределение, статистика об износе, адаптация, самообучение

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ С ГИБРИДНОЙ КОМПОНОВКОЙ

А.Н. Гречухин, В.В. Куц, А.В. Олещицкий, Ю.Э. Симонова

Аннотация: статья посвящена изучению вопросов динамического управления процессом аддитивного формообразования изделий. Проведен анализ отечественных и зарубежных трудов по теме исследований. Предложено для динамического управления процессом аддитивного формообразования изделий применять механизмы с гибридной компоновкой, обеспечивающие достаточные углы поворота детали относительно вертикальной оси. Спроектирована установка для аддитивного формообразования изделий на основе механизмов с гибридной компоновкой. Построена модель формообразующей системы оборудования для аддитивного формообразования с гибридной компоновкой. Решена задача параметрического синтеза устройства для динамического управления процессом аддитивного формообразования изделий, в результате чего определены допустимые значения длин штанг установки для аддитивного формообразования при неизменных размерах основания и подвижной платформы установки. Выявлены зависимости величины длин штанг в зависимости от конструктивных параметров формообразуемого изделия. Так, с увеличением радиуса формируемой поверхности в форме полусферы наблюдается уменьшение диапазона длин штанг, обеспечивающих в процессе формообразования контакт экструдера со всеми точками формируемой детали (внутренними точками детали и точками на её поверхности); установку нормали к поверхности детали в формируемой точке для всех точек поверхности детали вдоль оси экструдера. Предлагаемая методика позволяет сформировать пространство проектных параметров аддитивной установки, реализующей динамическое управление ориентацией формируемой детали в процессе формообразования, исходя из условий контакта экструдера со всеми точками формируемой поверхности; установления нормали к поверхности вдоль оси экструдера; размещения штанг подвижной платформы формируемой детали в рабочем пространстве установки

Ключевые слова: аддитивные технологии, послойный синтез, формообразование, погрешность

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых ученых МК-6406.2018.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ФОРСАЖНОЙ ТУРБИНОЙ НА РАКЕТЕ-НОСИТЕЛЕ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

В.Д. Горохов, М.А. Любинецкий, А.А. Пономарев

Аннотация: представлена концепция инновационного жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) с дополнительной форсажной турбиной, внесенной в конструкцию турбонасосного агрегата. Использование данного двигателя на первой и второй ступенях ракеты-носителя (РН) позволит осуществить резервирование РН по тяге. Актуальность работы обусловлена высоким показателем аварийности ракет-носителей в мире и в России в частности. Применение рассмотренной в статье конструкции ЖРД позволит снизить этот показатель до минимально возможного значения и сделать российские РН более конкурентоспособными на мировом рынке. В работе рассмотрена зависимость изменения надежности двигателя от режима работы, приведены результаты сравнительного анализа показателей надежности ЖРД при работе в связке из нескольких двигателей, проведен расчет параметров и сравнительный анализ форсированного режима ЖРД, выполненного по классической схеме с форсированным режимом инновационного двигателя с форсажной турбиной, определены основные преимущества инновационной схемы. Проведена оценка возможности использования инновационного двигателя для резервирования ракет-носителей. Полученные результаты подтверждают актуальность дальнейшей проработки данного схемного решения для реализации возможности горячего резервирования РН в течение продолжительного времени

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, турбина, надежность, резервирование, форсаж

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ТРУБ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

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

Аннотация: рассмотрен процесс формообразования труб с помощью наполнителя. Предложен наполнитель в виде гибкой оправки, обеспечивающий создание внутреннего давления на стенки трубы, что исключает появление браковочных признаков. Давление на внутренние стенки трубы может меняться при изменении радиусагиба трубы и угла клиньев оправки. Основные материалы, применяемые для формообразования труб, – алюминиевые и титановые сплавы, нержавеющие стали. Сформулированы методы изготовления труб. Цель работы – повышение качества получаемых труб. Рассмотрен процесс формообразования труб. При этом гибкую оправку помещают внутрь трубы. Гибкая оправка содержит две тяги с нанизанными на них клиньями, которые обеспечивают взаимодействие с разрезными кольцами в противоположных направлениях относительно средней части трубы. Кольца могут изменять свой диаметр, подкрепляя внутреннюю поверхность трубы. При формообразовании трубы увеличивается давление на ее стенки за счет изменения радиуса изгиба и изменения длины наружного слоя. Гибкая оправка обеспечивает повышение устойчивости трубы к возникновению складок и искажению ее геометрической формы от исходной по ее сечению. Заданы параметры трубной заготовки. Выполнены расчеты величины давления разрезного кольца на трубу q_v с учетом механических и геометрических параметров трубной заготовки. Основным условием процесса формообразования трубной заготовки, обеспечивающим качественное получение детали и исключаящим появление браковочных признаков, является выполнение условия $q_n \leq q_v$

Ключевые слова: формообразование трубы, гибкая оправка, браковочные признаки, разрезное кольцо, клинья, гибкие тяги

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ УДАРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В.Э. Парфенов, А.В. Хандожко

Аннотация: проанализированы методы упрочнения поверхностей с использованием ударного воздействия, существующие конструкции устройств для реализации этих методов, рассмотрены возможности применения таких технологий при изготовлении специальных деталей. Рассмотрены общие конструктивные решения устройств ударного упрочнения применительно к волновому деформационному упрочнению, а также конструкции генераторов ударных импульсов для этих устройств, использующие для формирования удара различные принципы: за счет пневмо- или гидропривода, при помощи кривошипно-шатунного механизма, а также электромагнитной пульсации. Проанализированы достоинства и недостатки этих конструкций с точки зрения возможности и удобства встраивания такого инструмента в состав технологического оборудования, управляемости процессом, а также основных характеристик ударных систем: энергии единичного удара, частоты ударов, КПД, габаритных размеров и др. На основе проведенного анализа сформулирован ряд рекомендаций по выбору типа генератора ударных импульсов для различных технологических задач, выявлены ограничения и области рационального использования таких генераторов, в том числе с учетом вида обработки и требований к технологическому оборудованию. Полученная гистограмма зависимости энергии удара от частоты для различных типов генераторов подтверждает и наглядно демонстрирует выводы об областях применения различных генераторов ударных импульсов

Ключевые слова: генератор ударных импульсов, методы отделочно-упрочняющей обработки, упрочнение металлов поверхностно-пластическим деформированием, ударный инструмент, машины ударного действия

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЛНИСТОСТИ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВЫХАЖИВАНИИ ШЛИФОВАЛЬНЫМ КРУГОМ

С.Г. Бишутин, А.А. Козленкова

Аннотация: статья посвящена исследованию процесса формирования высотных и шаговых параметров волнистости поверхности на этапе выхаживания периферией шлифовального круга. Исследования показали, что значительное влияние на волнистость поверхности в большинстве случаев оказывают последний рабочий ход инструмента (если в структуре операции шлифования цикл выхаживания отсутствует) и выхаживающие ходы шлифовального круга. Кроме того, меньшая волнистость достигается при шлифовании в условиях более жестких технологических систем. Показано, что при незначительном изменении частот вращения круга и заготовки в процессе обработки можно существенно снизить высоту волнистости поверхности. Однако простым и надежным способом технологического снижения волнистости поверхности является увеличение числа выхаживающих ходов круга. Установлено, что с увеличением числа выхаживающих ходов инструмента высота и шаг волнистости поверхности снижаются до 2-3 раз, причем наиболее сильное изменение параметров волнистости происходит на первых 7...9 выхаживающих ходах инструмента. После 12...15 выхаживающих ходов шлифовального круга волнистость поверхности практически не меняется. Получены зависимости для расчета высотных и шаговых параметров волнистости поверхности, учитывающие основные факторы процесса шлифования, в том числе и условия выхаживания абразивным инструментом. Представлены результаты экспериментальной проверки полученных теоретических зависимостей

Ключевые слова: шлифование периферией круга, волнистость поверхности

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОБИЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.М. Козлов, Е.В. Кирющенко, А.А. Козлов

Аннотация. Развитие машиностроительного производства привело к созданию мобильного оборудования – станков, которые могут устанавливаться на обрабатываемом изделии. Отличительной особенностью таких станков является отсутствие станины, что делает технологическую систему маложесткой. Это в ряде случаев приводит к возникновению вибраций в технологической системе, что ограничивает производительность процесса, снижает стойкость инструмента и увеличивает износ узлов станка. Возникновение и развитие вибраций при обработке наиболее характерно для фрезерования, когда сама конструкция инструмента определяет прерывистость резания. Наиболее универсальным параметром, характеризующим компоненты вибрации, является виброскорость. При обработке фрезерованием с использованием мобильного оборудования предлагается воздействовать на колебательный процесс с помощью введения в технологическую систему дополнительной колеблющейся массы (демпфера), параметрами колебаний которой можно управлять независимо от режимов резания. Анализ динамической системы при фрезеровании показал, что при равенстве собственной и вынуждающей частот сдвиг фаз может быть равен только $-\pi/2$. Это значение сдвига фаз соответствует условиям возникновения резонанса. Если достаточное количество энергии потратится на установление положения равновесия, то на возбуждение колебаний её останется меньше и резонанс не наступит. Эффективно компенсировать влияние регенеративных колебаний можно, создав такие условия работы системы, при которых энергия колебательных процессов будет постоянно расходоваться на такую перенастройку

Ключевые слова: фрезерование, колебания, вибрационный процесс, режимы резания, демпфирование