

Информатика, вычислительная техника и управление

МОДИФИКАЦИЯ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОМЕРНЫМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Е.А. Чжан, Д.А. Кемпф

Аннотация: решается задача синтеза систем управления многомерными процессами с несколькими управляемыми и неуправляемыми входными переменными. Рассматривается ситуация непараметрической неопределенности, когда математическое описание объекта неизвестно. Определена схема непараметрического дуального управления для двух случаев. В первом случае обучающая выборка формируется с первых тактов работы системы, во втором – имеются исторические данные, накопленные в ходе пассивного эксперимента. В схему управления включен блок интеллектуального анализа данных. В блоке реализован алгоритм по определению значимых факторов при вычислении управляющих воздействий. Разработана модификация непараметрического алгоритма дуального управления многомерными объектами в условиях неполноты данных. Алгоритм содержит две составляющие: непараметрическую оценку, позволяющую учитывать всю накопленную информацию, и поисковый шаг для изучения объекта. Получены выражения для последовательного вычисления значений управляющих воздействий. Исследование алгоритмов в соответствии с предложенной схемой управления было проведено с помощью средств компьютерного моделирования на ряде тестовых объектов при различных вариантах задающих воздействий. Рассматривались многомерные безынерционные объекты с запаздыванием линейной и нелинейной структуры. Результаты вычислительных экспериментов показали высокую эффективность предложенного подхода

Ключевые слова: дуальное управление, система, многомерный процесс, непараметрические методы, управляющее воздействие

ПОСТРОЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА ПРОГРАММНОГО КОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

О.В. Минакова, И.В. Трубников, О.В. Курипта

Аннотация: представлены результаты прототипирования генератора программного кода для потоковой обработки данных, предназначенного для использования инженерами различных специальностей без опыта программирования. Фреймворк осуществляет автоматическую генерацию программы по визуальной модели, составленной пользователем, что обеспечивает простоту и доступность самостоятельной разработки уникальных средств автоматизации. В качестве когнитивной модели представления инженерной задачи выбрана диаграмма потоков данных (DFD-нотация Йордана), которая широко известна, проста в понимании и хорошо согласуется с архитектурой «каналы и фильтры». Это позволило разработать веб-приложение для автоматической генерации программного кода с реализацией по шаблону Декоратор. Описание практической реализации фреймворка, генерирующего программный код на основе построенной пользователем диаграммы потоков данных, представлено в работе. Созданный прототип фреймворка сконструирован в стиле MVC, поддерживает собственный формат хранения данных, управляется из браузера и может быть использован для автоматизации обработки данных для различных инженерных задач. Результаты опытной эксплуатации кроссплатформенного программного обеспечения Generator Source Data Flow Diagram Framework детально проанализированы на примере расчета надежности вычислительной системы. Проведенные исследования подтвердили гибкость разработанного фреймворка для автоматизации сложнотруктурированных задач при достаточной проработке исходной модели

Ключевые слова: автогенерация программного кода, разработка программ, модель потоков данных, архитектура «каналы и фильтры»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА КОСАРАЙЮ

А.А. Рындин, Э.Р. Саргсян

Аннотация: рассмотрены вопросы прогнозирования поведения сети передачи данных в системе мониторинга телекоммуникационных сетей. Проведён анализ актуальности предметной области и рассмотрен набор существующего программного обеспечения, которое решает поставленную задачу. Определён необходимый набор функциональности, поддерживаемый разрабатываемым решением, и список задач, которые будут им покрыты, а также рассмотрены примеры модели телекоммуникационной сети и представлены задачи, которые необходимо решить во время обхода сети. Описана модель хранения данных в телекоммуникационной сети передачи данных. Определены параметры, которые будут рассчитываться для каждого элемента сети, и зависимости между узлами сети. Описана проблема наличия большого количества областей сильной связности, в связи с которой было рассмотрено множество способов решения и найден алгоритм Косарайю для решения поставленной задачи. Определены задачи, которые не были покрыты алгоритмом Косарайю, и рассмотрены варианты модификации данного алгоритма. Построена математическая модель, которая учитывает время входа и выхода в каждый элемент сети (графа), расписаны принципы зависимости между этими параметрами, а также рассмотрен способ подсчёта веса каждой области сильной связности для определения необходимого маршрута обхода. Пошагово расписан способ применения модифицированного алгоритма Косарайю. Подведены итоги исследования и описана актуальность модифицированного алгоритма Косарайю для других сфер

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, прогнозирование, алгоритм Косарайю, граф, компонента сильной связности

Радиотехника и связь

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК С ДИАГРАММООБРАЗУЮЩЕЙ СХЕМОЙ НА ОСНОВЕ ПЕЧАТНОЙ ЛИНЗЫ РОТМАНА

А.В. Ашихмин, А.В. Иванов, Ю.Г. Пастернак, П.В. Першин, Ф.С. Сафонов, С.М. Федоров, И.А. Зеленин

Аннотация: радиопеленгация источников радиоизлучений (ИРИ) является одной из приоритетных областей применения систем радиоконтроля. Рассмотрены варианты построения радиопеленгаторных антенных решеток с однокоординатным управлением диаграммы направленности с диаграммообразующей схемой на основе печатной линзы Ротмана, приведены результаты их электродинамического моделирования. Предложены варианты построения радиопеленгаторных антенных решеток с однокоординатным управлением диаграммы направленности с диаграммообразующими схемами (ДОС) на основе печатной линзы Ротмана, приведены результаты их электродинамического моделирования. Показана возможность интегрального исполнения сверхширокополосной антенной решетки с коммутационным сканированием в плоскости вектора напряженности электрического поля с ДОС на основе печатной линзы Ротмана. Наиболее удобными для реализации видами излучателей являются печатные логопериодические антенны и антенны Вивальди. При использовании в качестве элементов решетки плоских вибраторов с общим рефлектором и директорами удастся повысить коэффициент полезного действия элементов в составе решетки за счет взаимного влияния излучателей по внешнему полю. Рассмотренные варианты линейных антенных решеток, управляемые с помощью линзы Ротмана, могут использоваться для построения антенных решеток с двухкоординатным сканированием

Ключевые слова: радиопеленгация, линза Ротмана, антенна Вивальди

ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КРИТИЧЕСКИХ УЗЛОВ И УСТРОЙСТВ ПРИЕМА ШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОСИГНАЛОВ

Д.Г. Пантенков, В.П. Литвиненко

Аннотация: в настоящее время в каналах управления всех без исключения автоматических специальных подвижных объектов тяжелого класса (космические аппараты, роботизированные комплексы, беспилотные летательные аппараты и т.д.) используются широкополосные радиосигналы, которые обеспечивают высокую скрытность, помехоустойчивость и возможность обеспечения непрерывной работы в сложной помеховой обстановке, включая непреднамеренное и преднамеренное радиоэлектронное воздействие со стороны эвентуального противника. При этом актуальным становится вопрос качественного приема и последующей обработки широкополосных радиосигналов на приемной стороне, который включает в себя последовательное выполнение ряда операций (обнаружение, синхронизация, входение в режим слежения, демодуляция, декодирование и т.д.). Данная статья посвящена вопросам математического и имитационного моделирования широкополосных радиосигналов, позволяющего определить требуемые характеристики сигналов и провести последовательный анализ их приема и обработки. В качестве прикладного программного обеспечения для проведения имитационного моделирования используется MathLab (Simulink), позволяющий поблочно сформировать исследуемую схему, задать требуемые параметры каждого блока. Представлены результаты имитационного моделирования узлов в условиях воздействия шумов, которые показывают необходимость

использования в командно-телеметрических каналах роботизированных комплексов и систем широкополосных радиосигналов, которые легко поддаются обработке даже при входных отношениях сигнал/шум (или сигнал/(помеха+шум)), близких к нулю, при условии обеспечения высокой скрытности и помехоустойчивости

Ключевые слова: широкополосные радиосигналы, имитационная модель, прямое расширение спектра, устройства приема и обработки сигналов, синхронизация по частоте, псевдослучайная последовательность, демодулятор, декодер

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ НА СЕВЕРЕ РОССИИ

Д.Ю. Муромцев, А.Н. Сысоев, В.М. Жуков

Аннотация: проанализированы проблемы обеспечения надежной радиосвязи на Крайнем Севере России. Показано, что при отсутствии в настоящее время какого-либо одного вида радиосвязи, который бы удовлетворял северных абонентов в любое время и любую погоду, необходим комплексный подход к организации связи на севере за счет использования средних, коротких, ультракоротких волн и спутниковой связи. Достаточно подробно проанализированы особенности распространения метровых и двухметровых УКВ волн в тропосферных слоях на высоте 0,8 – 1,5 километра. Предлагается помощь в решении проблемы обеспечения связи на севере России в виде разработки подвижной КВ–УКВ радиостанции диапазона 18 – 150 МГц с фазированной антенной решеткой. Диапазон этот имеет ряд преимуществ перед другими: самую низкую стоимость километра связи, большую дальность прямой (без ретрансляций) связи и простоту ее организации, высокую мобильность подвижных радиостанций. Частоты диапазона обеспечивают прямые дальние односкачковые (до 2000 км) и двух-трехскачковые (4000 – 6000 км) ионосферные связи (18 – 24 МГц), метеорные линии связи (40 – 60 МГц), КВ-УКВ связь в пределах прямой радиовидимости, а также прямую связь до 250 – 400 км через слои тропосферы на высотах 0,8 – 1,5 км, мало зависящие от ионосферных возмущений. Приведены теоретические решения и экспериментальные результаты по характеристикам фазированной антенной решетки данного диапазона. Для расширения возможностей радиостанции рекомендуется добавить в ее состав маломощную станцию СВ-диапазона с антенной, длиной менее четверти длины волны, и спутниковую станцию

Ключевые слова: диаграмма направленности, модель, подвижная радиостанция, радиосвязь, рефракция, тропосфера, фазированная антенная решетка

ИНТЕГРИРОВАНИЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ИЗ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ВИБРАТОРОВ С ЛИНЗОЙ РОТМАНА НА МНОГОСЛОЙНОЙ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ

**А.В. Ашихмин, А.В. Иванов, Ю.Г. Пастернак, П.В. Першин, К.С. Сафонов,
С.М. Федоров, И.А. Зеленин**

Аннотация: радиопеленгация и локализация источников радиоизлучений (ИРИ) с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в качестве транспортной базы являются одним из приоритетных направлений развития современных систем радиоконтроля. Показана возможность реализации линейной антенной решетки с плоской линзой Ротмана в виде единой многослойной печатной платы. В качестве элементов решетки использованы несимметричные вибраторы с рефлекторами и директорами, а также – с метаматериальными линзами, реализованными с помощью металлизированных переходных отверстий. Для подавления поверхностных волн, возбуждающихся в антенных решетках при значительном отклонении главного лепестка от нормали, предложено использовать метаматериальную линзу, состоящую из электрически малых рассеивателей, расположенную в раскрыве фазированной антенной решетки (ФАР). Ёмкостный импеданс, вносимый линзой в излучающую апертуру ФАР, препятствует распространению поверхностных волн и позволяет улучшить не только направленные характеристики антенной решетки, но и ее входные характеристики при широкоугольном сверхширокополосном сканировании. Рассмотренный вариант реализации ФАР может использоваться в качестве подрешетки для построения антенной системы с двухкоординатным коммутационным сканированием в полосе частот с коэффициентом перекрытия более 2

Ключевые слова: линза Ротмана, антенна Вивальди, метаматериалы, печатная плата

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИММЕТРИЧНОГО САМООРГАНИЗУЮЩЕГОСЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ДЕКОДЕРА

М.В. Хорошайлова

Аннотация: представлен новый декодер на основе нейронной сети в форме симметричной самоорганизующейся карты (от англ. symmetrical self-organizing map, SSOM), который может декодировать любые коды, исправляющие ошибки. Декодер SSOM проверяется путем декодирования кода низкой плотности проверки на четность (LDPC). Сравнение производительности SSOM-декодера и традиционного декодера выполняется путем моделирования. Вместо того, чтобы заранее обучать нейронную сеть при помощи примеров наборов

кодовых слов, декодер с использованием самоорганизующихся карт может быть использован непосредственно в системе связи. Изучение примеров наборов кодовых слов является основной особенностью декодера, где характеристика выборочных наборов кодовых слов извлекается и сохраняется в SSOM распределенным способом. Полученные результаты показывают, что SSOM-декодер может осуществлять обучение и декодирование одновременно, независимо от каких-либо правил кодирования. А более высокая вероятность появления кодового слова означает большую вероятность правильного исправления ошибок. По сравнению с производительностью исправления ошибок обычным декодером, нейросетевой декодер легче реализовать, он более гибкий и обучаемый для различных наборов кодовых слов, что имеет определенные перспективы для будущих разработок в системе кодирования канала связи

Ключевые слова: нейросетевой декодер, симметричная самоорганизующаяся карта (SSOM), код низкой плотности проверки на четность (LDPC), архитектура, реализация

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

З.Х.М. Аль-Араджи, О.Ю. Макаров, А.В. Муратов, А.В. Турецкий, Х.А. Суайкат

Аннотация: многослойная печатная плата (МПП) является достаточно сложной конструкцией, так как состоит из стеклотканых композитов и большого количества проводящих слоев. Плата обеспечивает как электрическое соединение электронных компонентов, так и их механическое закрепление. При использовании плат в конструкциях, подвергаемых механическим нагрузкам, надежность МПП определяет надежность всей конструкции в целом. Для повышения эффективности процесса проектирования требуется сократить временные и материальные затраты путем применения процесса моделирования и инженерного анализа. Предложена методика, которая отличается от традиционных более коротким временем доработки конструкции, путем применения моделирования. Этот метод проектирования печатных плат включает два этапа. Сначала проводится анализ вибрации многослойной печатной платы с установленными компонентами. Чтобы проверить точность моделирования, сравниваются результаты моделирования метода конечных элементов (FEM) с результатами экспериментальных испытаний для печатной платы. Сравнение экспериментальных и имитационных результатов показывает, что они хорошо совпадают. Анализ вибрации печатной платы выполняется методом FEM с использованием элемента «сосредоточенный вес», который заменяет фактическую геометрию компонента. Второй этап заключается в выборе оптимального типа закрепления для печатной платы, который обеспечивает минимальный эффект вибрации. Для достижения этой цели на стадии проектирования исследовались четыре типа закрепления сторон платы. Были проанализированы платы для демонстрации механических воздействий с использованием FEM и инженерного анализа (моделирования) средствами Sero Elements / Pro 5.0. Также проводился аналитический расчет поведения плат с теми же способами закрепления. Результаты сравнения моделирования и аналитического расчета показали хорошее совпадение, разница не превышает 12%. Собственная частота МПП является наиболее критическим параметром, показывающим возможность появления механического резонанса во время эксплуатации, и чем выше ее значение, тем выше надежность конструкции. Необходимо, чтобы конструкция платы имела как минимум двукратный резерв по частоте, который должен быть выше, чем максимальная эксплуатационная частота. Граничные условия печатной платы оказывают существенное влияние на вибрационные характеристики печатной платы. Самая высокая собственная частота наблюдается при фиксации четырех сторон платы, когда обеспечивается максимальная жесткость конструкции. Это один из лучших способов закрепления, но он не всегда может быть использован, поэтому необходимо было исследовать другие способы закрепления. Приведена классификация способов закрепления в зависимости от полученных результатов определения собственной частоты

Ключевые слова: многослойная печатная плата (МПП), вибрация, радиоэлектроника, конструкция, моделирование, CREO

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ИЗ ПЕЧАТНЫХ ЛОГОПЕРИОДИЧЕСКИХ АНТЕНН, ЗАПИТАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЗЫ РОТМАНА

**А.В. Ашихмин, А.В. Иванов, Ю.Г. Пастернак, П.В. Першин, Ф.С. Сафонов, С.М. Федоров,
И.А. Зеленин**

Аннотация: важными направлениями совершенствования радиопеленгаторных фазированных антенных решеток (ФАР) являются одновременное расширение полосы рабочих частот и диапазон рабочих углов сканирования при сохранении её энергетического потенциала, надежности, габаритных размеров, массы и стоимости. Среди распространенных вариантов реализации антенных элементов для ФАР можно отметить одиночные дипольные антенны, спиральные антенны, антенны Вивальди и патч-антенны. Существенно реже в качестве элементов ФАР встречаются логопериодические дипольные антенны (ЛПДА). При этом ЛПДА обладают несомненным преимуществом перед другими типами антенн: при правильном подборе параметров структуры антенны легко может быть достигнут рабочий диапазон частот 10:1 и более с сохранением почти неизменной

характеристики направленности при КСВН (коэффициент стоячей волны по напряжению) на входе, не превышающем 1,5 – 1,7. Предложена ЛПДА с диапазоном рабочих частот от 1 ГГц до 12 ГГц с КСВН менее 2. Показана возможность реализации линейной антенной решетки с возбуждающей плоской линзой Раппапорта в сверхширокой полосе частот и углом сканирования 90 градусов в азимутальной плоскости. Рассмотренный вариант реализации ФАР может использоваться в качестве подрешетки для построения антенной системы с двухкоординатным коммутационным сканированием в полосе частот с коэффициентом перекрытия равным трём

Ключевые слова: линза Раппапорта, логопериодическая антенна, антенная решетка

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕДАЧИ ДИАГНОСТИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЗАГРУЖЕННЫЙ РЕТРАНСЛЯТОР С НЕЛИНЕЙНОЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Р.И. Буров, Б.В. Илларионов, Д.С. Малиев

Аннотация: при проектировании линий спутниковой связи и расчете их зон покрытия учитываются любые, даже самые неблагоприятные, сочетания условий распространения сигналов, что при эксплуатации ретранслятора приводит к существенному преуменьшению рассчитанного уровня сигнала по сравнению с фактически обеспечиваемым. В целях обеспечения электромагнитной совместимости в этих условиях контроль соответствия заявленных характеристик реальному уровню плотности потока мощности, создаваемому спутником-ретранслятором у земной поверхности, является наиболее приоритетной задачей радиоконтроля. Целью работы в интересах проведения радиоконтроля линий спутниковой связи методом активной диагностики является компьютерное моделирование передачи диагностирующих (тестовых) фазо-кодо-манипулированных сигналов через функционирующий в односигнальном режиме без обработки сигналов на борту спутник-ретранслятор с нелинейной передаточной характеристикой. Элементами новизны представленной модели является то, что моделирование диагностирующего сигнала было проведено применительно к использованию фазо-кодо-манипулированных сигналов на основе псевдослучайной последовательности максимальной длины (M-последовательности) с возможностью выбора степени и вида образующего полинома. Показано, что после совместной ретрансляции тестового фазо-кодо-манипулированного сигнала и сигнала линии спутниковой связи при определенных соотношениях их частот будет иметь место интерференция интермодуляционных составляющих и ретранслированного ФКМ-сигнала, приводящая практически к полному подавлению диагностирующего сигнала независимо от величины его базы. Разработанная модель позволяет обосновать рациональные требования к энергетическим параметрам диагностирующих сигналов с учетом нелинейной передаточной характеристики ретранслятора и избежать при этом снижения пропускной способности контролируемой линии спутниковой связи при проведении радиоконтроля методом активной диагностики

Ключевые слова: спутник-ретранслятор, радиоконтроль, спутниковая связь, диагностирующие сигналы, тракт ретрансляции

ДЕКОДИРОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ БЛОКОВЫХ КОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРСЕПТРОНОВ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

Н.В. Астахов, А.В. Башкиров, А.В. Муратов, М.В. Хорошайлова, Н.В. Ципина

Аннотация: представлен класс нейронных сетей, пригодных для применения декодирования кодов, исправляющих ошибки. Нейронная модель в основном представляет собой персептрон с полиномом высокого порядка в качестве дискриминантной функции. Показано, что один слой персептронов высокого порядка способен декодировать двоичный линейный блочный код с максимальным весом 2^m в каждом персептроне, где m - длина четности. Для некоторых подклассов кодов необходимое количество весов может быть намного меньше. Код Хэмминга (2^m-1 , 2^m-1-m) может быть декодирован с использованием только весов $m+1$ в каждом персептроне. С помощью генетических алгоритмов получены эффективные нейронные декодеры $2t+1$ разрядности для каждого бита для некоторых циклических кодов и БЧХ кодов (Боуза-Чоудхури-Хоквингема), которые можно исправить. С помощью алгоритма поиска генетического типа показано, что для данной задачи можно найти подходящий набор элементов нейронной сети высокого порядка (в данном случае корректирующий декодер). Нейронные декодеры представлены как набор сетей четности на первом уровне, за которыми следует линейный персептрон на втором уровне, и, таким образом, имеют простые реализации в аналогичной технологии СБИС

Ключевые слова: коды исправления ошибок, генетический алгоритм, персептроны высокого порядка, дискриминантные полиномы

Машиностроение и машиноведение

ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ ОСТАТОЧНОГО СЛОЯ ПРИ ПОЛИГОНАЛЬНОМ РАСТАЧИВАНИИ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

В.В. Куц, Т.А. Толмачева

Аннотация: рассматривается процесс полигонального растачивания тонкостенных гильз вращающимся резцовым блоком, представлена схема формообразования внутреннего отверстия. Получена формула для поверхности резания в системе координат заготовки, описываемой режущими кромками сменных многогранных пластин (СМП) с учетом всех движений формообразования, в процессе полигонального растачивания. На основе результатов геометрического моделирования поверхности резания и анализа пространственной интерференции поверхностей резания, образованных режущими кромками СМП резцового блока, установлен механизм образования локального участка остаточного гребешка на обработанной поверхности отверстия при различных режимах обработки. Показаны уравнения линий пересечения поверхностей резания, образующих локальный участок остаточного гребешка, установлены границы параметров этих поверхностей. Описана пространственная модель участка остаточного слоя в виде составной поверхности. Приведена формула, позволяющая вычислить максимальную высоту остаточного гребешка на основе разработанной его пространственной модели. Показаны результаты моделирования участка остаточного слоя при заданных режимах обработки, приведены граничные значения параметров для различных участков остаточного гребешка. С помощью созданной пространственной модели остаточного гребешка становится возможным исследовать влияние режимов обработки и геометрических параметров резцового блока на качество получаемой поверхности

Ключевые слова: длинномерная тонкостенная деталь, полигональное растачивание, формообразование, резцовый блок, пространственная модель остаточного слоя, высота остаточного гребешка

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С УЧЕТОМ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А.В. Анцев, Е.С. Янов, Ч.Х. Данг

Аннотация: рассматривается задача оптимизации режимов резания на примере токарной и фрезерной обработки с использованием методов искусственного интеллекта. В качестве критерия оптимальности предлагается использовать удельные затраты – переменную часть себестоимости обработки – которые могут изменяться в единицах времени, что обеспечивает оптимизацию по производительности, или денежных единицах, что обеспечивает оптимизацию по себестоимости. Рассчитанные оптимальные значения ограничивают область рациональных режимов резания. В процессе оптимизации с помощью обобщенной стохастической модели отказов учитывается вариабельность (разброс) периода стойкости режущего инструмента. Перебор режимов резания и периодичности восстановления режущего инструмента предложено осуществлять с помощью генетического алгоритма. Каждый рассматриваемый вариант режимов резания проверяется на соответствие техническим или технологическим ограничениям. При этом особое внимание уделяется вибрации в процессе резания, уровень которой меняется по мере изнашивания режущего инструмента. Оценку уровня вибрации предлагается проводить с использованием искусственной нейронной сети в виде многослойного персептрона. Рассмотренный подход оптимизации режимов резания и периодичности восстановления режущих инструментов с учетом специфики процесса резания и факторов случайности при износе и разрушении режущих инструментов позволил предложить систему адаптивного управления процессом резания с учетом вибрации машинной части технологической системы. За основу архитектуры системы адаптивного управления процессом резания взята схема с обычным контроллером, управляемым нейронной сетью в виде нейро-нечеткой сети на базе алгоритма Сугэно 0-го порядка. Применение методов искусственного интеллекта для анализа уровня вибрации машинной части технологической системы и оптимизации режимов резания и периодичности восстановления режущего инструмента позволит выявить резервы для повышения эффективности процесса резания, диагностировать состояние режущего инструмента в процессе обработки и разработать адаптивную и робастную систему управления процессом резания

Ключевые слова: режим резания, оптимизация, удельные затраты, вибрация, генетический алгоритм, многослойный персептрон, нейро-нечеткая сеть, адаптивное управление

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНДЕНТОРА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

В.П. Федоров, О.Н. Кириллов, М.Н. Нагоркин, Е.В. Ковалева

Аннотация: представлены результаты исследований параметров контактного взаимодействия индентора с поверхностью при обработке методами поверхностного пластического деформирования (ППД). Рассматривались методы обработки ППД наружных цилиндрических поверхностей образцов из стали 45 различной твердости алмазным выглаживанием (индентор – алмаз синтетический поликристаллический) и накатыванием шариком (индентор – шарик из стали ШХ15) одноинденторными инструментами упругого действия. Исследования проводились методом физического моделирования процессов на авторской экспериментальной установке. Исследовались зависимости параметров контактного взаимодействия инденторов с поверхностью (сил сопротивления при трогании индентора с места и в установившемся режиме ППД, диапазона колебаний сил при обработке, коэффициентов сопротивления при трогании индентора с места и в установившемся режиме, а также некоторых производных коэффициентов) от условий ППД: метода предварительной обработки поверхности, шероховатости поверхности после предварительной обработки, радиуса индентора, твердости обрабатываемой поверхности, силы воздействия на неё индентора, скорости обработки и смазки. Экспериментальные исследования проводились по методике активного эксперимента. Исследовалось несколько схем обработки ППД, отличающихся методом предварительной обработки поверхностей образцов; троганием индентора с места до различных конечных скоростей; материалами индентора; наличием смазки на поверхности. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены зависимости параметров контактного взаимодействия от факторов обработки ППД, позволяющие определить как диапазоны варьирования, так и вероятность их обеспечения в заданном интервале в зависимости от факторов обработки ППД. С помощью разработанного программного обеспечения получены адекватные физико-статистические модели для количественной оценки исследуемых параметров контактного взаимодействия от конкретных условий ППД. В заключении представлены основные выводы по результатам исследований

Ключевые слова: алмазное выглаживание, накатывание, шероховатость, индентор, контактное взаимодействие, сила сопротивления, пластическая деформация

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ДЛЯ ПОЛЫХ ШАРИКОВ ОТ ОКАЛИНЫ

А.В. Королев, А.В. Панфилова, О.П. Решетникова, Б.М. Изнаиров, А.Н. Васин

Аннотация: рассматриваются возможности нового простого, но эффективного способа удаления окалины с поверхности стального листового проката, предназначенного для изготовления полых шариков, а также результаты проведения экспериментальных его исследований. Описано устройство для реализации нового способа и механизм его взаимодействия с обрабатываемой поверхностью. Показан выбор технологических факторов, таких как угол наклона окалиноломателя в направлении его вращения, окружная скорость вращения окалиноломателя, сила прижима инструмента к обрабатываемой поверхности и подача образца, оказывающих наибольшее влияние на основные параметры качества очищенной от окалины поверхности и производительность обработки. Разработан план неполного факторного эксперимента. В соответствии с разработанным планом были проведены экспериментальные исследования, в результате которых получены значения функции отклика для различных сочетаний уровней факторов. По результатам исследования построены зависимости степени очистки поверхности листа от окалины от основных влияющих факторов и получена математическая модель исследуемого процесса в виде уравнения регрессии, которая позволила определить наиболее благоприятные режимы для удаления окалины с проката. Показано, что предложенным способом обеспечивается надежное удаление окалины даже в случае, если она очень прочно закреплена на обрабатываемой поверхности листового проката

Ключевые слова: полые шарики, экспериментальные исследования, окалина, прокат, режимы обработки, уравнение регрессии, математическая модель