

## **АЛГОРИТМ ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ В ТРЕХМЕРНОЙ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ СРЕДЕ С ПРЕПЯТСТВИЯМИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА РОЯ ЧАСТИЦ**

**Н.Н. Чернышев, Т.В. Ниженец**

**Аннотация:** основным фактором повышения эффективности процесса функционирования беспилотных мобильных средств является организация их оптимального движения от начальной до целевой точки без столкновения с препятствиями. Планирование пути допускает, как правило, бесконечное множество решений, поэтому задача построения пути формулируется как оптимизационная задача с целевой функцией, соответствующей минимальной длине маршрута при выполнении ряда ограничений. Решение задачи планирования пути в трехмерном пространстве значительно усложняется по сравнению с движением на плоскости, поскольку вычислительное время, необходимое для решения такой задачи, увеличивается экспоненциально с увеличением размерности пространства. Предлагается алгоритм планирования пути, основанный на оптимизации роя частиц, позволяющий сократить время поиска кратчайшего пути без столкновений в трехмерной детерминированной среде, заполненной статическими выпуклыми препятствиями. Функциональность предложенного алгоритма иллюстрируется моделированием при различном расположении и количестве препятствий. Результаты численных исследований позволяют говорить о том, что разработанный алгоритм на основе метода роя частиц эффективно выполняет планирование пути в трехмерной детерминированной среде со сложным пространственным расположением препятствий

**Ключевые слова:** планирование пути, трехмерное пространство, детерминированная среда, препятствия, метод роя частиц

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОНЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ**

**А.А. Рындин, Д.В. Шитиков**

**Аннотация:** рассматриваются программные компоненты и их использование для системного анализа, разработки, ввода в эксплуатацию, управления и обработки информации в информационных системах, основанных на микросервисной архитектуре, а также их последующей поддержки и развитии. Описываемая технология программных компонентов поддерживает создание определенного стиля, включающего компоненты, модели компонентов, интерфейсы, контракты, наборы типов компонентов и каркасы компонентов. Компонентный подход к архитектуре информационных систем рассматривается с точки зрения паттерна разработки, который можно описать с помощью моделирования взаимодействия компонентов разных типов. Представленная компонентная модель накладывает ограничения на разработчиков компонентов, а структура компонентов обеспечивает соблюдение этих ограничений в дополнение к реализации и предоставлению необходимых услуг. Показаны преимущества перехода на микросервисную архитектуру с использованием абстрактных контрактов для реализации общих для различных систем компонентов. Приводится реализация корпоративного портала, построенного на микросервисной архитектуре и разделенного на отдельные сервисы, включающие систему авторизации, организационную структуру, систему учета времени, систему отпусков, имеющие собственные базы данных и взаимодействующие между собой через API. Приведен листинг кода реализации модели компонента на языке java. Для данных сервисов выделены общие интерфейсы, позволяющие разделять одни зависимости

**Ключевые слова:** компонентно-ориентированный подход, интерфейс, контракт, модель компонентов, диаграмма компонентов

## **МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕГУЛЯТОРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦЕНТРИФУГИ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ВИДОМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ**

**А.Н. Анненков, О.В. Белоусова**

**Аннотация:** выбор регулятора системы автоматического управления определяется требованиями к закону изменения задаваемой величины, характер которого определяющим образом влияет на качество технологического процесса и основные потребительские характеристики оборудования. С помощью математических пакетов можно получить Z-преобразованную передаточную функцию

регулятора при определенном значении периода квантования. Округление коэффициентов Z-функции даже в третьем – четвертом знаке в быстродействующих системах приводит к потере регулятором своих статистических свойств, что создает определенные сложности при реализации дискретной модели. При моделировании дискретного регулятора значение периода квантования по времени должно быть больше или равно значению времени выборки, которое указывается при вводе величин в блоке дискретной трансфер-функции. При невыполнении данного условия регулятор потеряет свои свойства. При моделировании дискретных регуляторов, в которых применяются Z-преобразования, их заменяют экстраполятором нулевого порядка. Такой приём ощутимо сокращает время на вычисления и снимает необходимость вычислений с дискретностью микроконтроллера. Для получения функций, описывающих закон изменения скорости центрифуги, наилучшие результаты дал метод наименьших квадратов. Участок линейного спада управляющего сигнала вносит сглаживание в зону выхода на стационарный режим работы и при необходимости может быть скорректирован по длительности и амплитуде. С учетом параметров формирования управляющего сигнала можно сказать, что реализация программного пуска системы с постоянным ускорением может быть выполнена на большинстве 8-разрядных микроконтроллеров. Описаны основы новой методики построения быстродействующего микропроцессорного регулятора системы автоматического управления, отличающейся подходами к выбору средств преобразования передаточной функции

**Ключевые слова:** система автоматического управления, качество технологического процесса, передаточная функция регулятора, быстродействующие объекты, дискретная модель, аппроксимация, закон скорости центрифуги, метод наименьших квадратов, синтез управляющего сигнала, эквивалентная передаточная функция, метод прямого и обратного преобразования Лапласа

### **ЕСТЕСТВЕННАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ КОНВЕКЦИЯ НЬУТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В КВАДРАТНОЙ КАВЕРНЕ ПРИ ПОСТОЯННОМ ТЕПЛОВОМ ПОТОКЕ ЧЕРЕЗ «СМОЧЕННЫЕ» ПОВЕРХНОСТИ**

**В.И. Ряжских, В.А. Сумин**

**Аннотация:** на основании уравнений Обербека-Буссинеска синтезирована математическая модель термической свободной конвекции в замкнутой квадратной каверне с известным тепловым потоком через «смоченную» поверхность и отсутствием теплопритока через свободную поверхность. Выписана замкнутая система уравнений, описывающая процесс как в размерных, так и безразмерных величинах. Получена система уравнений в безразмерных величинах, несопряженный характер которой позволил разбить исходную задачу на две подзадачи: тепловую и гидротермическую. С помощью применения аппарата интегральных преобразований Фурье получено аналитическое решение этих подзадач. Показана динамика теплового и гидротермического процессов, возникающих в ньютоновской жидкости при нагревании в закрытой квадратной емкости с неидеальной теплоизоляцией. Вычислительный эксперимент показал, что в результате теплоподвода к жидкости образуются два вихря с вращением в разные стороны. При увеличении температуры на стенках жидкость поднимается вверх, и ниже оси происходит вращение против хода часовой стрелки, а выше оси – по ходу часовой стрелки, что соответствует известным физическим представлениям о движении жидкости в поле нагрева. С увеличением значений коэффициента Грасгофа значение максимума (минимума) функции тока увеличивается (уменьшается), тем самым математическая модель физически корректно описывает структуру температурного и гидротермического полей

**Ключевые слова:** ньютоновская жидкость, уравнение Обербека-Буссинеска, аналитическое решение, свободно- конвективное течение

### **СТРУКТУРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Г.В. Петрухнова, И.Р. Болдырев, М.Г. Усачев**

**Аннотация:** обоснована актуальность задач создания и совершенствования средств измерения и контроля состояния технических объектов. Указано на существование в метрологии трех родов информационных операций: восприятие, воспроизведение и переработка, и только восьми разновидностей операций восприятия и такого же числа операций воспроизведения. Представлены канонические операции восприятия и воспроизведения, а также соответствующие им характеристики и экспериментальные информационные операции. Представлена модель объекта контроля. Для количественных и качественных характеристик информационных операций приведены примеры соответствующих потребительских информационных операций. Согласно проведенной классификации информационных операций, разработана структура многофункциональной системы сбора данных для

контроля состояния технических объектов. Данная система предназначена для реализации информационных операций «контроль» и «контрольное испытание». Многофункциональная система сбора данных (МССД) служит для повышения компетентности обслуживающего персонала при работе с производственными ресурсами и для проведения контрольно-измерительных и ремонтных работ. При этом сами технические объекты могут иметь различную природу. В зависимости от природы технического объекта для его контроля могут потребоваться средства, отличные от тех, которые содержатся в составе МССД. Точечная заменяемость модулей МССД позволяет легко модернизировать систему и настроить ее на выполнение требуемых задач. Модульность МССД позволяет использовать ее и в качестве учебного стенда

**Ключевые слова:** система сбора данных, информационная операция, контроль, измерение, контрольное испытание, измерительное испытание, микроконтроллер, МССД

## **t / (n – 1)-ВАРИАНТНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ**

**Д.В. Грузенкин, В.В. Едреев, Д.А. Пантелеев**

**Аннотация:** существуют такие сферы человеческой жизнедеятельности, где надёжность программного обеспечения важна критически для бесперебойной работы различного рода систем управления. Для повышения надёжности программного обеспечения существует множество подходов, в том числе основанных на программной избыточности. Среди них наиболее популярны, например, блоки восстановления и мультиверсионное программирование. Однако существуют и альтернативные подходы, значительно менее освещённые в литературе, например,  $t/(n-1)$ -вариантное программирование. Хотя описание данного подхода представлено в публикациях очень скудно, он используется в научных работах и диссертациях для сравнения его эффективности с эффективностью алгоритмов голосования мультиверсионного программирования. Приведено общее описание и дополнительные разъяснения для подхода  $t/(n-1)$ , а также раскрыты моменты, упущенные в оригинальных статьях. Кроме того, на основании данного подхода был составлен алгоритм, который фактически не был описан в оригинальных статьях, разбор принципов его работы произведён на модельном примере. Представленный в статье алгоритм позволяет решать не только конкретные задачи, но и может быть применён к целому классу задач. Описан эксперимент, в котором сравнивается эффективность алгоритма на базе  $t/(n-1)$ -вариантного программирования с алгоритмами голосования мультиверсионного программирования и подходом блоков восстановления. Приведены результаты эксперимента

**Ключевые слова:**  $t/(n-1)$ , надёжность программного обеспечения, программная избыточность, мультиверсионное программирование, блоки восстановления

## **УПРАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫМ КОНТЕНТОМ В СОСТАВЕ ЦИФРОВЫХ МАКЕТОВ СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ**

**А.Н. Юров**

**Аннотация:** рассмотрены методики по размещению инженерной информации (линейных размеров, технических условий и т.д.) в составе импортируемой сборочной единицы средствами геометрического ядра Open CASCADE. Разработка связана с исследованием экспортных форматов и получением из них состава структуры цифровых моделей деталей в сборочных единицах, внесением технических условий и построением линейных размеров в макете изделия. В проектировании программного обеспечения используются технологии, обеспечивающие работу с обменными форматами данных, решения, позволяющие получить геометрию модели и техническую информацию из файлов. Для обоснования создания программного компонента приводится структурное описание проектного модуля при внесении инженерных данных в состав цифрового макета изделия, представлен процесс по загрузке сборочной единицы, который должен сопровождаться не только извлечением геометрии каждой модели детали сборки, но и получением имен для всех единиц, входящих в состав сборочного узла. Для извлечения перечня наименований деталей сборочной единицы подготовлено алгоритмическое решение. Кроме того, предложен алгоритм установки линейных размеров, где позиционирование каждого из них определяется контрольными точками и плоскостью, в которой будет размещён размер. Разработка подготовлена для использования в операционной системе Linux Manjaro на базе 64-х разрядной архитектуры

**Ключевые слова:** экспортные форматы данных, инженерные данные, цифровые макеты изделий, геометрическое ядро Open CASCADE, операционные системы с открытым исходным кодом

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ СЕТЕВЫХ СТАНДАРТОВ

**К.И. Никишин**

**Аннотация:** на сегодняшний день часто используются распределенные сети. К распределенным сетям относятся и беспроводные сети. Для управления автономными объектами как раз используются беспроводные сети. Рассматриваются сетевые стандарты беспроводной связи, в том числе и для работы в беспилотных летательных аппаратах, такие как стандарты IEEE 802.11 и MAVlink, поскольку беспроводные технологии для передачи информации более широко распространены и используются в разных сферах (телекоммуникации, «умный дом», технический мониторинг, «Интернет вещей», беспилотные технологии). Подробно рассматриваются особенности и формат передачи сообщений согласно сетевым стандартам IEEE 802.11 и MAVlink. Для исследования стандартов IEEE 802.11 и MAVlink было разработано специализированное программное обеспечение для валидации данных стандартов, которое обеспечивает посылку сообщений и расшифровывает их отдельно по полям. Проводятся валидация корректности всех блоков передаваемого сообщения и вывод об ошибке пользователю в случае несоответствия стандартам. Рассматриваются методика испытания и тестирование программного обеспечения в случае передачи различных форматов сообщений. При работе программы с тестовыми данными получены подтверждающие результаты работы программы, и все результаты совпали с результатами ручной проверки

**Ключевые слова:** распределенные сети, Ethernet, беспроводные сети, сетевые стандарты, IEEE 802.11, MAVlink, передача сообщений

*Радиотехника и связь*

## АНАЛИЗ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОКРЫТИЯ ТГц СИСТЕМЫ СВЯЗИ С 3D-МАССИВОМ

**А.В. Башкиров, И.С. Бобылкин, А.А. Кузёмкин, В.Р. Тимошилова**

**Аннотация:** рассматривается задача оценки положения и ориентации пользователя, оснащенного трехмерной (3D) решеткой, принимающей терагерцовые сигналы дальней зоны по нисходящей линии связи от нескольких базовых станций с известными позициями и ориентациями. Мы выводим границу Крамера–Рао для локализации задачи и определяем покрытие рассматриваемой системы. Сравниваем распределения нижней границы погрешности традиционной планарной матрицы и конфигураций трехмерной матрицы при различных положениях и ориентациях пользовательского оборудования (UE). Наши численные результаты, полученные для конфигураций массива с равным количеством элементов, показывают очень ограниченный охват конфигурации планарного массива, особенно в диапазоне ориентации UE. И наоборот, конфигурация трехмерного массива предлагает в целом более высокое покрытие с незначительной потерей производительности в определенных положениях и ориентациях UE. В ходе анализа была проведена работа по нахождению границ ошибок положения (РЕВ) и ориентации (ОЕВ), с помощью которых получена количественная оценка покрытия для массивов двухмерной и трехмерной конфигураций. Также проведено моделирование одной базовой станции (BS), в котором сравнивается РЕВ и ОЕВ в различных положениях и ориентациях, в результате чего оценено ТГц покрытие

**Ключевые слова:** массив, локализация, ТГц связь, покрытие, оценка положения, 3D-решетка

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА УЗЛА НА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА

**Н.В. Ципина, Р.Н. Хорошайлов, И.А. Турецкий**

**Аннотация:** описывается метод, сочетающий байесовскую оптимизацию (БО) с моделью тепловой сети с сосредоточенными емкостями, который эффективен для оптимизации теплового режима узлов печатной платы. По мере того, как электронные устройства становятся все меньше и сложнее, возрастает важность оптимизации конструкции для обеспечения эффективного отвода тепла. Однако такая оптимизация конструкции затруднена, поскольку необходимо учитывать различные ограничения, связанные с расположением и различным температурным режимом компонентов, выделяющих тепло. Это исследование направлено на повышение производительности и оптимизации теплового режима с помощью нейронных сетей. Байесовская оптимизация, использующая Гауссовский процесс, была объединена с моделью тепловой сети с сосредоточенными емкостями, и была проверена

ее производительность. В результате БО получена идеальная схема расположения элементов на печатной плате. В результате выполнения БО удастся получить идеальное размещение элементов примерно за 1/150–1/90 времени вычисления. Кроме того, БО нашла оптимальное решение примерно за 7 минут из 10 миллионов возможных вариантов компоновки. Было подсчитано, что это составляет 1/1000 процессорного времени, необходимого для анализа всех шаблонов компоновки

**Ключевые слова:** байесовская оптимизация, печатная плата, модель тепловой сети, нагревательный элемент

## **МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ ТОПОЛОГИИ ВИТКОВ ПЛАНАРНОЙ ОБМОТКИ**

**О.Ю. Денисов, А.А. Моисеенко, С.М. Фёдоров**

**Аннотация:** целью данной работы является описание методики создания топологии планарных витков, уменьшающей потери, связанные с омическим сопротивлением, основным предметом, рассматриваемым в данной статье, являются потери на активном сопротивлении в витках обмотки, уменьшая их, в свою очередь, приходится и модифицировать витки. При исследовании данной области знания была представлена концепция расчета сопротивления витков, лежащих в одной плоскости, она же была апробирована на моделировании методами конечных элементов. Рассмотрены также основные причины возникновения потерь в топологии витков планарной обмотки, влияние данных потерь на параметры изделий. Большинство инженеров не проводят моделирование топологии витков планарной обмотки, что приводит к проектированию неоптимального варианта обмотки. Показано, что при моделировании дизайна топологии витков можно снизить потери в обмотке, что приводит к увеличению коэффициента полезного действия. На примере силового витка импульсного источника питания показано влияние оптимизации на параметры планарной обмотки. Также на этом примере можно увидеть использование предлагаемой методики и перечень использованного программного обеспечения. По итогу работы были уменьшены активные потери на планарной обмотке на 7,3 % на основе данных теоретических сведений

**Ключевые слова:** коэффициент полезного действия, планарная обмотка, потери, мощность, модуль электропитания, оптимизация обмотки, топология, витки обмотки, сопротивление обмотки

## **ВЫДЕЛЕНИЕ РЕЧИ ПРИ ПОМОЩИ ЧАСТИЧНО АСИНХРОННОЙ МИКРОФОННОЙ РЕШЕТКИ БЕЗ ПОВТОРНОЙ ВЫБОРКИ**

**А.В. Башкиров, И.С. Бобылкин, А.А. Кузёмкин, В.Р. Тимошилова**

**Аннотация:** статья рассматривает проблему выделения источников речи, зафиксированных несколькими пространственно разделенными устройствами, каждое из которых имеет несколько микрофонов и обрабатывает сигналы с разной скоростью. Большинство методов асинхронной обработки массива основаны на определении смещения частоты дискретизации и повторной дискретизации. Но эти смещения бывает трудно оценить, если источники и микрофоны смещаются. Мы предлагаем метод разделения источников, который не требует оценки смещения или повторной выборки сигнала. Вместо этого мы распределяем распространяющийся массив на несколько синхронных подмассивов. Все массивы используются совместно для оценки статистики изменяющегося сигнала во времени. Эти статистические данные применяются для разработки отдельных, изменяющихся во времени пространственных фильтров в каждом массиве. Демонстрируется метод для сочетания речи, записанной как на стационарных, так и на движущихся микрофонных датчиках. Подробно рассмотрены эксперименты по разделению речи, в результате которых выяснилось, что предлагаемый метод асинхронного разделения эффективен в разложении источников. Применение данного метода предполагает и ситуации, когда источников больше, чем микрофонов. Также рассмотрен эксперимент с проведением совещания как сценария с движущимися носимыми массивами, в ходе которого проведен анализ эффективности разделения речи

**Ключевые слова:** асинхронная микрофонная решетка, специальная микрофонная решетка, распространяющиеся массивы, смещение частоты дискретизации, разделение источников звука, пространственная фильтрация, улучшение речи

## **АНТЕННА С РЕКОНФИГУРИРУЕМЫМ УГОЛКОВЫМ ПЛАЗМЕННЫМ РЕФЛЕКТОРОМ**

**И.А. Баранников, Е.А. Ищенко, С.М. Фёдоров, Б.А. Шиянов**

**Аннотация:** рассматривается антенна с реконфигурируемым рефлектором. Ее рабочие частоты расположены в диапазоне UHF от 637 до 648 МГц. В качестве излучателя используется плазменная

вibratorная антенна. Рефлектор является угловым с углом между стенками  $60^\circ$ . Стенки рефлектора выполнены из плазменных элементов, представляющих собой газоразрядные трубки, способные включаться и выключаться за очень малые промежутки времени. Во включенном состоянии они являются проводящей поверхностью и отражают электромагнитные волны, а в выключенном - свободно их пропускают. Это позволяет за счет включения и выключения определенных групп плазменных элементов менять положение рефлектора в пространстве. Конструкция рефлектора и ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости позволяет обеспечить равномерное излучение во всех направлениях по горизонту. Так как в качестве излучателя используется плазменная антенна, возможно применение скрытного режима с пониженной эффективной поверхности рассеяния (ЭПР). Характеристики антенны определялись посредством электродинамического моделирования. Эффективность скрытного режима оценивалась сравнением ЭПР плазменной антенны и ее металлического аналога. Результаты показывают, что антенна обладает высокой эффективностью излучения и значительно меньшими значениями ЭПР в скрытном режиме

**Ключевые слова:** плазменная антенна, реконфигурируемый рефлектор

## **ОБОСНОВАНИЕ ФРАГМЕНТАЦИИ СЕТИ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ (5G/LTE)**

**Т. Ле Ань, Т.Л. Во Минь, Б. Данешманд**

**Аннотация:** сейчас и в будущем мобильные сети 5G, мобильные коммуникации и беспроводные сети должны соответствовать стандартам низкой задержки, высокой надежности, повышенной емкости, большей безопасности и быстрого подключения пользователей. Мобильные операторы постоянно ищут решения, которые позволят нескольким независимым абонентам работать в одной сети 5G. Одним из таких решений является использование технологии фрагментации сети (Network Slicing – NS) для распределения конечных сетевых ресурсов на одной и той же физической инфраструктуре. Принятие решений на основе данных имеет решающее значение для будущих сетей связи в связи с бурным ростом трафика. Для эффективного управления распределением сетевых ресурсов и доступностью сети использованы машинное и глубокое обучение в сети. Используются ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators – KPIs) для анализа входящего трафика и прогнозирования фрагментов сетевых ресурсов для распределения неизвестных устройств. Интеллектуальное распределение ресурсов позволяет эффективно использовать имеющиеся ресурсы на существующих фрагментах сети и обеспечивать высокую балансировку нагрузки. Используемая модель принимает интеллектуальное решение и выбирает наиболее подходящий фрагмент сети

**Ключевые слова:** фрагментации сети (Network Slicing – NS), ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators – KPIs), глубокое обучение, нормализация, программно-определяемые сети (Software-Defined Networking – SDN)

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

**А.С. Костюков**

**Аннотация:** разработку различных электронных устройств невозможно представить в современном мире без использования полупроводниковых элементов. Данные элементы обладают рядом неоспоримых преимуществ и наиболее востребованы в современной электронной промышленности. В связи со всем вышеперечисленным остро встает вопрос о тестировании и определении показателей надежности полупроводниковых элементов с целью отсеивания бракованных компонентов. На сегодняшний день существует несколько способов определения надежности данных элементов. Представлен один из таких методов определения надежности, основанный на статистических алгоритмах расчета. На основе показанного метода была разработана новая усовершенствованная методика определения надежности. В частности, в новой методике учитываются первоначальные данные статистической выборки, а также включен в расчет ряд дополнительных показателей. Представлены результаты расчетов показателей надежности микроконтроллеров семейства ATmega как по новому способу определения, так и по старой методике расчета. По полученным результатам было произведено сравнение с эталонными значениями, взятыми из конструкторской документации на устройства. В результате данного сравнения было выявлено, что разработанная методика определения надежности позволяет получать значения комплексных коэффициентов с погрешностью в  $\pm 10\%$  в сравнении с эталонными значениями

**Ключевые слова:** надежность, полупроводниковый элемент, АТmega, время безотказной работы

### *Машиностроение и машиноведение*

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**В.И. Максименков, М.В. Молод, Д.С. Гребенников**

**Аннотация:** рассмотрены вопросы применения композиционных материалов в отечественных и зарубежных самолётах. Показаны их преимущества, обеспечивающие решение вопросов по снижению веса и повышению прочности деталей, узлов, агрегатов и в целом изделия. В то же время отмечены недостатки, связанные с низкой ударной стойкостью, что снижает эффективность их применения в высоконагруженных зонах планера. Одно из направлений решения данного вопроса – это применение в конструкциях металлополимерных композиционных материалов (МПКМ). Сформулированы цель и задачи исследования. Приведены варианты изготовления МПКМ, которые представляют собой сочетание алюминиевых заготовок и ПКМ. Учитывая, что ПКМ имеет низкую пластичность - 1-2 %, то рассмотрен процесс отдельного деформирования алюминиевого листа и ПКМ. Формообразование алюминиевого листа осуществляли методом обтяжки. Применяемый обтяжной пуансон изготавливали из алюминиевого сплава методом литья, который после обработки обеспечивал процесс формообразования листа на заданную кривизну с последующим его использованием для выкладки и термостатирования в автоклаве. Одна из важных решаемых задач – это обеспечение равномерности деформаций и обеспечение стабильных свойств в полученной заготовке при обтяжке. Это достигается за счёт снижения трения на поверхности пуансона с использованием решения, приведенного в патенте №2459680. Проведен анализ формообразования образцов из ПКМ. Разработан технологический процесс изготовления деталей из МПКМ, который включает все этапы: от получения заготовки до процесса обтяжки, последующей выкладки, термостатирования и контроля готовой детали. Приведены результаты испытания на растяжение образцов из МПКМ – алюминиевого – Д16чАТ, из ПКМ и МПКМ, которые показали прочностные и пластические характеристики испытываемых материалов. Проведен весовой расчёт составляющих элементов МПКМ, который выявил весовую эффективность разработанной конструкции МПКМ по сравнению с Д16чАТ. Выявлено повышение прочности обшивки из МПКМ и снижение веса больше чем на 20%. Применение данной технологии изготовления МПКМ позволяет обеспечить повышение качества получаемых деталей требуемой точности

**Ключевые слова:** пуансон, обшивка МПКМ, трение, углепластик, оборудование с ЧПУ

## **О ВОЗДЕЙСТВИИ ПОВЕРХНОСТНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПРИ ОТЖИГЕ НА ПЛАСТИЧНОСТЬ ПО ЭРИКСЕНУ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛИСТОВЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

**А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Р.Т. Мустафин, Б.А. Коломенский**

**Аннотация:** известно, что при изготовлении титановых сварных конструкций применяют отжиг для снижения остаточных напряжений, выполняемый, как правило, в воздушной среде. Нагрев при температурах свыше 300 °С сопровождается появлением интерференционно-окрашенных оксидных плёнок, а при температурах более 550-600 °С - газонасыщенных слоёв, влияние которых на механические характеристики не исследовано в достаточной мере. Исследовано влияние оксидных плёнок, формирующихся в процессе отжига, на пластичность по Эриксену основного металла и сварных соединений из листовых титановых сплавов. Работы проводили как на основном металле, так и на сварных заготовках титановых сплавов ВТ1-0, ПТ7М и ВТ6ч, получивших широкое распространение при изготовлении летательных аппаратов. Часть листовых заготовок имела газонасыщенный подслоя. Установлено, что оксидные плёнки, формирующиеся в процессе отжига при температурах до 550 °С незначительно (не более чем на 7%), понижают пластичность по Эриксену низкопрочных титановых сплавов и могут оказывать положительное влияние на технологическую пластичность высокопрочного титанового сплава. Наличие газонасыщенного подслоя при этом может повышать пластичность как основного металла, так и сварных соединений данных сплавов

**Ключевые слова:** титановые сплавы, сварка, отжиг, оксидные плёнки, пластичность по Эриксену

## **ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОРПУСНЫХ ОТЛИВОК ПОСРЕДСТВОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Л.С. Печенкина, М.С. Фролов**

**Аннотация:** анализируя опыт использования САД-программ на примере применения СКМ ЛП LVMFlow, стало возможно утверждать то, что они безусловно решают проблемы по анализу причин брака отливок и оптимизации технологических процессов, поэтому данная тема является актуальной. Объектом исследования стала «корпусная» деталь массой 37 кг из низколегированной хромомолибденовой стали, входящая в весьма распространенный ассортимент многих отраслей промышленности. Может использоваться в неблагоприятных условиях при обширном диапазоне давлений и температур. Благодаря данным параметрам свое широкое применение она нашла в нефтегазовой сфере. Её эксплуатируют в роли запорной арматуры в нефтепроводе при работе под большим давлением при взаимодействии с SO<sub>2</sub>, что является неблагоприятными условиями для многих сталей. Существуют требования динамических знакопеременных нагрузок, параметрам которых наша деталь соответствует. Также предусмотрен ряд других требований соответствия по сопротивлению коррозии и герметичности. Вес корпуса с литниками составляет 168 кг. В данной детали наблюдается стабильный дефект - это усадочная пористость, которая обнаруживается при её изготовлении после механической обработки. Поэтому эта деталь была интересна для моделирования с помощью программного пакета LVMFlow. Научная новизна работы определяется оптимальным подбором критериев, влияющих на обеспечение плотной структуры в стальной отливке, подверженной большой усадке. Цель исследования – используя приложения САД-программ Solidworks и LVMFlow в условиях песчаных форм с производственными технологическими показателями, обеспечивающими эффективную выплавку совершенной отливки, спроектировать модельно-опочную оснастку и усовершенствовать технологию изготовления детали "Корпус" из стали. Сокращение периода изготовления оснастки и выбор наилучшего варианта производства отливки, без лишних плавов – это преимущество перехода на сквозную разработку технологии и оснастки производства корпуса при литье в песчаные формы. Рассмотрены некоторые понятия, влияющие на дефект «Усадочная пористость» при литье в песчаные формы, а именно: питание затвердевающей отливки, направленность затвердевания, теплоаккумулирующая склонность форм и стержней, подача расплава в отливку. При рассмотрении данных понятий произвели оценку и выявили степень влияния на величину усадки

**Ключевые слова:** отливка, оснастка модельная, затвердевание, компьютерное моделирование, смесь формовочная, дефект, усадка