

**АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ УЗЛОВ
ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РАЗВИВАЮЩИХСЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ**

Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский

В статье рассматривается модель оптимального развития мультисервисных сетей, состоящая из модели оптимального размещения включаемых в состав сети узлов обслуживания и модели оптимального выбора комплекса технических средств из множества альтернативных устройств различных производителей. Приводится формальная постановка задачи размещения узлов сети, описаны целевая функция и критерии оптимизации. Для решения данной задачи предлагается использовать модифицированный метод Гомори, использующий для формирования графа решений метод ветвей и границ. Приводится формализованный алгоритм метода, делается вывод, что для ускорения работы алгоритма в данном случае возможно использовать механизм альфа-бета отсечения. Приводится пример практической реализации данного алгоритма для задачи размещения трех узлов. Сделан вывод о возможности применения разработанного метода для ускорения работы алгоритма оптимизации

Ключевые слова: оптимизация, дискретное программирование, мультисервисные сети

Литература

1. Елизаров, Д.Э. Оптимизационные модели формирования структуры развивающихся мультисервисных сетей информационного обслуживания населения [Текст] / Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015.-Т. 11. - № 4. – С. 20-23.
2. Степанов, С.Н. Основы телеграфика мультисервисных сетей [Текст] / С.Н. Степанов. – М.: Эко-Трендз, 2010. - 392 с.
3. Елизаров Д.Э. Обобщенная оптимизационная модель развития мультисервисных сетей [Текст] / Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский, А.П. Воропаев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015-Т. 11, - №3. - С 28-30.
4. Елизаров Д.Э. Модель оптимального развития структуры мультисервисных сетей на основе аппарата динамического программирования [Текст] / Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016-Т. 12, - №1. - С 21-24.
5. Елизаров Д.Э. Модификация метода Беллмана решения динамической задачи о ранце [Текст] / Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. - Т. 11. - № 5. – С. 31-33.
6. Елизаров Д.Э. Алгоритмизация решения задачи динамической оптимизации структуры мультисервисных сетей [Текст] / Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. - Т. 11. - №6. - С 59-61.
7. Корбут А. А. Дискретное программирование [Текст] / А.А. Корбут, Ю.Ю. Финкельштейн. – М.: Наука, 1969. – 367 с.
8. Елизаров Д.Э. Модели проектирования развивающихся мультисервисных сетей [Текст] / Д.Э. Елизаров, В.Л. Бурковский // Перспективные исследования и разработки в области информационных технологий. - 2014. – С. 4.
9. Бурковский, В. Л. Анализ развивающихся информационных систем на основе аппарата моделирования и оптимизации [Текст]: монография / В. Л. Бурковский, И. М. Матвиенко, А. В. Бурковский. – Воронеж: ГОУ ВПО ВГТУ, 2009. - 136с.

**О ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДАХ РАБОТЫ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ В ОБОРОННОЙ
СФЕРЕ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ CSRP-ТЕХНОЛОГИЙ**

П.А. Коробейников, О.Г. Никитин

Разработаны предложения по совершенствованию методов работы должностных лиц органов управления в оборонной сфере путем внедрения в их работу интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Рассмотрены принципы интеллектуальности систем поддержки принятия решений, позволяющие говорить о применении нового метода работы должностных лиц: с помощью «виртуального штаба», построенного на основе стандарта функционирования GSRP-систем. Показано, что такая СППР является компонентом подсистемы управления, в которой одна часть решений принимается и реализуется должностными лицами в «ручном» режиме, а другая часть решений принимается и реализуется техническими автоматами с помощью технологии «отложенных решений», заключающейся в том, что для каждой типовой ситуации заблаговременно обосновывается, формируется и запоминается в библиотеке отложенных решений оптимальное или близкое к нему решение. В дальнейшем при сравнении между собой текущей ситуации с хранящимися в базе знаний типовыми ситуациями соответствующее рациональное решение выбирается автоматически. Применение таких СППР позволит изменить подход к организации работы органов управления, оптимизировать их численность с одновременным повышением оперативности и обоснованности принимаемых решений

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, методы автоматизации процессов управления, должностные лица органов управления, база знаний, «виртуальный штаб»

Литература

1. Ларичев, О.И. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития [Текст] / О.И. Ларичев, А.Б. Петровский // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – 1987. – Т.21. – С. 131–164.
2. Довженко, В.Н. Поддержка принятия решений при управлении войсками и оружием [Текст] / В.Н. Довженко, В.Н. Завгородний // Военная мысль. – 2014. – № 6. – С. 19–25.
3. Информационные технологии в системе управления ВМФ (теория и практика, состояние и перспективы развития) [Текст] / В.Ф. Шпак, Н.Ф. Директоров, В.И. Мирошников, С.Н. Навойцев, В.Н. Наумов, А.В.Серегин, Ю.И. Синещук, О.М. Туровский; под общ. ред. В.В. Авдошина. – СПб.: «Элмор», 2005. – 832 с.
4. Выпасняк, В.И. Система поддержки принятия решений как «виртуальный штаб» [Текст] / В.И. Выпасняк, А.М. Гуральник, О.В.Тиханьчев // Военная мысль. – 2015. – № 2. – С. 23–29.
5. Донсков, Ю.Е. Роль интеллектуальных систем поддержки принятия решений при управлении радио-электронной борьбой в общевойсковых тактических формированиях [Текст] / Ю.Е. Донсков, О.Г. Никитин, П.Н. Беседин // Военная мысль. – 2015 г. - № 10. – С.33-41

УДК 681.3

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУР ЧИСЛЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СО СТРУКТУРНО-ВАРИАТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

Б.Н. Тишуков, Я.Е. Львович

В представленной статье рассматривается описание объектов со структурновариативной формой управления, их основные особенности. Определяются цель и задачи оптимизации объектов данного типа, рассматриваются методики их решения. Предлагается описательная постановка задачи структурной оптимизации с элементами вариативности, строится и описывается оптимизационная модель объектов рассматриваемого типа. В качестве математического аппарата для решения описанного класса задач рассматривается использование популяционных алгоритмов (алгоритм поведения обезьян), изучаются теоретические основы построения и принципы их функционирования, обосновывается необходимость их применения. Разрабатываются процедуры численной оптимизации объектов со структурновариативной формой управления, в основе которых лежит аппарат популяционных алгоритмов. По полученным результатам разработки делаются выводы об эффективности предложенной методики решения задач структурной оптимизации с использованием вариативных компонентов

Ключевые слова: объект со структурновариативной формой управления, оптимизационная модель, процедура численной оптимизации, популяционный алгоритм

Литература

1. Карпенко, А.П. Популяционные алгоритмы оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов [Текст] / А.П. Карпенко // Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2012. - № 7. – 30 с.
2. Львович, Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде [Текст] : монография / Я.Е. Львович Воронеж : ИПЦ «Научная книга», 2010. – 140 с.

Энергетика

УДК 681.3

ОПТИМАЛЬНОЕ КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ В СИСТЕМЕ БЕЗАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ АЭС

С.А. Ткалич, В.Л. Бурковский

В статье рассматривается возможность оптимального календарного планирования ремонтно-профилактических работ в комплексе мер по созданию системы безаварийного управления экстремальными производствами. В качестве основных параметров рассмотрены показатель запаса времени, который отражает временную удалённость объекта до предполагаемого отказа, степень близости объекта к аварийной ситуации, определяемая системой прогнозирования, степень влияния аварии отдельного объекта на функционирование всей системы в целом, определяемая экспертным путём. Математическая постановка задачи сведена к поиску экстремума функции цели: степени аварийности обслуживаемой системы. Решение поставленной задачи выполнено методом неопределённых множителей Лагранжа. Предложен алгоритм минимизации степени аварийности системы. Рассмотрен пример реализации найденного решения для четырех классов безопасности оборудования АЭС. Из анализа графиков степени близости к аварийной ситуации,

количества используемых на оборудовании ресурсов обслуживания и величины временного запаса сделаны выводы о значимости оборудования всех классов безопасности

Ключевые слова: календарное планирование, алгоритмизация, прогнозирование, безаварийное управление

Литература

1. Ткалич, С.А. Диагностические экспертные системы безаварийного управления технологическими процессами [Текст] / С.А. Ткалич // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2007. - Т. 3. - №5. - С.38-43.
2. Ткалич, С.А. Модели принятия решений в системах управления потенциально-опасными производствами [Текст] / С.А. Ткалич, В.П. Поваров, А.В. Бурковский // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. - Т. 10. - № 5-1. - С. 129-132.
3. Ткалич, С.А. Алгоритмизация оптимального календарного планирования в системе безаварийного управления производством [Текст] / С.А. Ткалич // Электротехнические комплексы и системы управления. -2011. - № 1 (21). – С. 60-65.
4. Ткалич, С.А. Нейросетевая модель процесса прогнозирования аварийной ситуации [Текст] / С.А. Ткалич // Системы управления и информационные технологии. – 2008. - №3.1. - С.196-200.
5. Ткалич, С.А. Исследование системы прогнозирования аварийных ситуаций на базе термодинамической модели [Текст] / С.А. Ткалич // Системы управления и информационные технологии. – 2008. -№3.3(33). -С.399-403.
6. Таха, Х. Введение в исследование операций [Текст] / Х. Таха. – М.: Вильямс, 2007. - Кн. 2. – 912с.
7. Алексеева, Е.В. Теория принятия решений [Текст] / Е.В. Алексеева. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008. – 412с.

УДК 532.685

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В МИКРОКАНАЛЬНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ

Д.А. Коновалов, И.Н. Лазаренко, Н.Н. Кожухов, И.Г. Дроздов

Настоящая работа посвящена разработке методов интенсификации теплообмена в микроканальных теплообменниках гибридных систем термостабилизации. Была предложена одна из возможных схем гибридной системы термостабилизации. Определены подходы к созданию конструкции теплообменника для охлаждения электронного модуля. В качестве возможных конструктивных решений для теплообменников с целью охлаждения электронного модуля предложены три модели: модель с плоским каналом, модель с плоским каналом, заполненным сплошной пористой средой, и модель с пористыми вставками с межканальной транспирацией охладителя. Для всех трех моделей произведены теплогидравлические расчеты. С целью повышения эффективности работы теплообменника рассмотрены предпочтительные способы интенсификации теплообмена: использование наножидкости в качестве теплоносителя, реализация пульсаций при его транспортировке и наличие фазового перехода

Ключевые слова: интенсификация, микроканальный теплообменник, гибридная система термостабилизации

Литература

1. Калинин, Э.К. Эффективные поверхности теплообмена [Текст] / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, И.З. Копп. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 408 с.
2. Разработка и моделирование микроканальных систем охлаждения [Текст]: монография / Д.А. Коновалов, И.Г. Дроздов, Д.П. Шматов, С.В. Дахин, Н.Н. Кожухов // Воронеж: ВГТУ, 2013. – 222 с.
3. Интенсификация тепло- и массообмена на макро-, микро- и наномасштабах [Текст]: монография / Б.В. Дзюбенко, Ю.А. Кузма-Кичта, А.И. Леонтьев, И.И. Федик, Л.П. Холпанов // М.: ФГУП «ЦНИИАТОМИНФОРМ», 2008. – 532 с.
4. Калинин, Э.К. Интенсификация теплоотдачи в каналах [Текст] / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, С.Л. Ярхо. – М.: Машиностроение, 1990. – 200 с.
5. Поляев, В.М. Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций летательных аппаратов / В.М. Поляев, В.А. Майоров, Л.Л. Васильев. – М.: Машиностроение, 1988. – 168 с.
6. Попов, И.А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах аппаратов. Интенсификация теплообмена [Текст]: монография / И.А. Попов; под общ. ред. Ю.Ф. Гортышова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2007. – 240 с.
7. Кузнецов, Г.В. Об одном подходе к математическому моделированию тепловых режимов радиоэлектронной аппаратуры и электронной техники [Текст] / Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет // Микроэлектроника, 2008. – Т. 37. – № 2. – С. 150-158.
8. Проектирование и испытания охладителей силовых полупроводниковых приборов [Текст] / С.А. Панфилов, В.М. Каликанов, Ю.А. Фомин, А.С. Саванин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2008. – № 3. – С. 41-43.
9. Пат. 51441 Российская Федерация, МПК H01L 23/34. Устройство охлаждения электронных компонентов [Текст] / Дроздов И.Г., Мозговой Н.В., Шматов Д.П., Кожухов Н.Н.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. – № 2005121936/22; заявл. 11.07.2005; опубл. 10.08.2004, Бюл. № 4. – 5 с.
10. Пат. 58788 Российская Федерация, МПК H01L 23/34. Устройство охлаждения для электронных компонентов [Текст] / Дроздов И.Г., Кожухов Н.Н., Мозговой Н.В., Коновалов Д.А., Шматов Д.П.; заявитель и патентообладатель

Воронежский государственный технический университет. – № 2006113838/22; заявл. 24.04.2006; опубл. 27.11.2006, Бюл. № 33. – 4 с.

11. Пат. 2440641 Российская Федерация, МПК H01L 23/34. Устройство отвода теплоты от кристалла полупроводниковой микросхемы [Текст] / Савинков А.Ю., Дроздов И.Г., Шматов Д.П., Дахин С.В., Коновалов Д.А., Кожухов Н.Н., Небольсин В.А.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «КОДОФОН». – № 2010146036/28; заявл. 10.11.2010; опубл. 20.01.2012, Бюл. № 2. – 8 с.

12. Об одном подходе к созданию модели интегрированного теплообменника [Текст] / Д.А. Коновалов, И.Г. Дроздов, Д.П. Шматов, С.В. Дахин, Н.Н. Кожухов // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: Труды XVIII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева. В 2-х т. – М.: Изд. МЭИ, 2011. – Т.1. – С. 431-434.

13. Интенсификация теплообмена при кипении жидкостей на сферах с керамическими субмикронными покрытиями на основе Al_2O_3 [Текст] / К.И. Белов, В.М. Жуков, Ю.А. Кузма-Кичта, В.А. Ленъков // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: Труды XX Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева (24-29 мая 2015 г., г. Звенигород). – М.: Изд. МЭИ, 2015. – С. 281-284.

14. Исследование кипения на поверхности с рельефом из наночастиц [Текст] / М.В. Шустов, Ю.А. Кузма-Кичта, А.В. Лавриков, П.С. Чурсин // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках: Труды XX Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева (24-29 мая 2015 г., г. Звенигород). – М.: Изд. МЭИ, 2015. – С. 346-349.

15. Исследование интенсификации теплообмена при кипении воды на поверхности с микро- и нанорельефом [Текст] / Ю.А. Кузма-Кичта, А.В. Лавриков, М.В. Шустов [и др.] // Теплоэнергетика. – М.: ООО МАИК «Наука/Интерпериодика», 2014. – № 3. – С. 35-38.

16. Шустов М.В. Исследование кипения в микроканале с покрытием из наночастиц [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 01.04.14 : защищена 22.04.15: утв. 12.11.15 / Шустов Михаил Владимирович. М., 2003. – 119 с.

17. Исследование кипения при естественной циркуляции в трубе с рельефом из наночастиц [Текст] / Ю.А. Кузма-Кичта, А.В. Лавриков, Н.А. Стенина [и др.] // Труды Шестой Российской национальной конференции по теплообмену. – М.: Издательский дом МЭИ, 2014. – Т. 2. – С. 55-56.

18. Effect of nanopartic leson heat transfer in mini double-pipe heat exchangers in turbulent flow [Text] / Aghayari Reza [and oth.] // Heat MassTransfer, 2015. – № 51. – P. 301- 306.

19. Бардаханов, С.П. Исследование теплопроводности наножидкостей на основе наночастиц оксида алюминия [Текст] / С.П. Бардаханов, С.А. Новопашин, М.А. Серебрякова // Наносистемы: физика, химия, математика, 2012. – № 3 (1). – С. 27-33.

20. Экспериментальный метод измерения теплопроводности наножидкости [Текст] / А.В. Жаров, Н.Г. Савинский, А.А. Павлов, А.Н. Евдокимов // Физико-математические науки фундаментальные исследования, 2014. – № 8. – С. 1345-1350.

21. Кутателадзе, С.С. Основы теории теплообмена [Текст] / С.С. Кутателадзе. – Новосибирск: Наука, 1970. – 660 с.

22. Ягов, В.В. Научное наследие Д.А. Лабунцова и современное представление о пузырьковом кипении [Текст] / В.В. Ягов // Теплоэнергетика, 1995. – № 3. – С. 2 - 10.

23. Лабунцов, Д.А. Физические основы энергетике. Избранные труды по теплообмену, гидродинамике, термодинамике [Текст] / Д.А. Лабунцов // М.: МЭИ, 2000. – 388 с.

24. Овсянник, А.В. Моделирование процессов теплообмена при кипении жидкостей [Текст] / А.В. Овсянник. – Гомель: ГГТУ им. Г.С. Сухого, 2012. – 284 с.

25. Кипение воды на микроструктурированных поверхностях / Ю.Ф. Гортышев, И.А. Попов, Н.Н. Зубков [и др.] // Труды Акадэнерго, 2012. – Ч. 1. – С. 14-31

УДК 621.311

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ОГРАНИЧЕНИЯ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЭС

В.Н. Крысанов, Ю.В. Шарапов

В статье рассмотрена возможность использования трансформаторно-тиристорного регулятора напряжения в качестве токоограничивающего устройства при коротких замыканиях в электрических сетях. Описывается математическая дискретная модель трансформаторно-тиристорного устройства ограничения токов КЗ с аналогом микроконтроллерного управления и запирающим полупроводниковых тиристорных ключей как естественной коммутацией, так и искусственным отключением тиристорных ключей внешним устройством (коммутационными приборами). Проведенное математическое моделирование такого модифицированного регулятора напряжения показало, что отключение вентилей внешним устройством позволяет снизить максимальный ток, протекающий в цепи автотрансформатора, до заданного значения. Это достигается путем повышения индуктивного сопротивления трансформатора, вызванного размыканием первичной обмотки. Другой вариант построения такого устройства с запирающим ключей естественным способом (запирание в случае прохождения тока через нуль) неэффективен, вследствие роста тока в течение полупериода до момента отключения вентилей и достижения им критических значений за установленным на входе устройства порогом. Данное устройство и описание дискретной функции управления позволяет использовать полученный программный код и схему силового преобразователя в дальнейшем лабораторном макетировании и моделировании трехфазного варианта устройства

Ключевые слова: моделирование, тиристорный регулятор, короткое замыкание, вольтодобавочный трансформатор, автотрансформатор

Литература

1. Крысанов В.Н. Тиристорный регулятор напряжения как средство повышения пропускной способности и снижения перенапряжения в ЛЭП [Текст] / В.Н. Крысанов // Энергетические комплексы и системы управления. – 2009. - №1. – С. 12-15.
2. Крысанов В.Н. Быстродействующее регулирование напряжения при коротком замыкании в высоковольтных сетях [Текст] / В.Н. Крысанов, С.В. Астафьев // Энергетические комплексы и системы управления. – 2010. - №1. – С. 56-60.
3. Крысанов В.Н. Использование современных микроконтроллерных средств вычисления для управления устройствами «Гибких» систем передачи переменного тока «FACTS» [Текст] / В.Н. Крысанов, Ю.В. Шарапов // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2014. - №3. – С. 62-66.
4. Крысанов В.Н. Учет нелинейности магнитопровода силового трансформатора в статических регуляторах напряжения для энергопотребителей [Текст] / В.Н. Крысанов, А.Б. Кирилов // Электротехнические комплексы и системы управления. - 2015. - №3 - С.35- 39.

УДК 696.48–67:621.577

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА УСЛОВНОГО ТОПЛИВА В СИСТЕМЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО СВЯЗАННЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ПРИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

А.В. Исанова, В.И. Лукьяненко

Рассмотрена система теплоснабжения, состоящая из двух тепловых насосов с последовательно соединёнными испарителями и конденсаторами. Данная схема соединения позволяет достичь такого условия, что температура конденсации максимально приближается к температуре теплоносителя у каждого из тепловых насосов. Определен наиболее благоприятный режим работы станции относительно порядка последовательно соединённых тепловых насосов, на выходе из конденсаторов которых разности между температурами теплоносителя и хладагента различны. Представлены несколько вариантов соотношения параметров приведённой системы: первый случай, когда КПД и конечные разности температур рабочего тела и теплоносителя первого теплового насоса незначительно больше аналогичных значений другого; второй случай, при котором КПД работы первого теплового насоса в большей степени отличается от аналогичного значения другого. На основе математической модели с использованием теории возмущений получены аналитические зависимости температур конденсации рабочих тел тепловых насосов, минимизирующие расход топлива. Используя полученные результаты, можно установить влияние различных параметров тепловой станции, состоящей из тепловых насосов, конденсаторы которых соединены последовательно, а испарители – параллельно, и пиковой котельной, покрывающих нагрузку системы отопления и горячего водоснабжения

Ключевые слова: тепловой насос, система теплоснабжения, хладагент, энергосбережение

Литература

1. Петраков, Г.Н. Распределение тепловой нагрузки между тепловым насосом и пиковой котельной [Текст] / Г.Н. Петраков, В. Г. Стогней, А. В. Мартынов // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. Сер. Энергетика. – 2004. – Вып. 7.4. – С. 121- 125.
2. Соколов, Е. Я. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения [Текст] / Е. Я. Соколов, В.М. Бродянский – М.: Энергоиздат, 1981.-320 с.
3. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст]: учеб. для вузов / Е.Я. Соколов. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 472 с.
4. Везиришвили, О.Ш. Выбор оптимальной мощности теплонасосных установок [Текст] / О.Ш. Везиришвили, В. И. Гомелаури // Теплоэнергетика. – 1982. – №4. – С. 47-50.
5. Кострикин, А.И. Введение в алгебру [Текст] / А.И. Кострикин. – М.: Наука, 1977. – 496с.

УДК 621.316.72, 621.311

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

В.Л. Бурковский, В.Н. Крысанов, А.Л. Руцков

В статье рассматриваются вопросы повышения точности прогнозирования уровня потребления региональной электроэнергетической системы. Проанализирована функциональная зависимость между отдельными её частями и выявлены наиболее существенные взаимосвязи, позволяющие получить полную и удобную в работе математическую модель анализируемого процесса транспорта электрической энергии. Подробно описываются процесс формирования предварительного диспетчерского графика и значимость повышения его точности. Отмечены основные экономические стимулы повышения точности прогнозирования выработки и потребления электрической энергии в региональной системе. В частности, детально показана взаимосвязь мероприятий, проводимых администратором торговой се-

ти, а также системным оператором единой энергетической системы. Описаны этапы создания элементов программного комплекса, предназначенного для повышения точностных характеристик предварительного диспетчерского графика. Их реализация организована посредством применения многофункционального языка программирования - C#. В процессе написания программного продукта был использован интерфейс Windows Forms, позволяющий разрабатывать интеллектуальные клиенты - приложения с развитым графическим функционалом. Описаны как классическая структура прогнозирования, так и алгоритмы, реализующие аппарат нейронных нечётких сетей (на базе алгоритма Мамдани) в рамках разработанного программного обеспечения для решения поставленных задач в элементах единой энергетической системы

Ключевые слова: электроэнергетическая система, повышение точности прогнозирования, алгоритмы оптимизации, программный комплекс

Литература

1. Бурковский, В.Л. Модели оптимального энерго-распределения в системах регионального энергопотребления [Текст] / В.Л. Бурковский, Р.А. Харченко. – Воронеж: ВГТУ, 2006 – 137с.
2. Крысанов, В.Н. Особенности реализации технологии Smart Grid в региональных системах электроснабжения [Текст] / В.Н. Крысанов, А.Л. Руцков, Шукур Омар Шукур Махмуд / // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2014. – Т.10 – № 5-1. – С. 92-97.
3. Модель прогнозирования регионального потребления на базе нечёткой нейронной сети [Текст] / В.Л. Бурковский, В.Н. Крысанов, А.Л. Руцков, Шукур Омар Шукур Махмуд // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – Т.11 – № 5. – С. 41-46.
4. Проблемы и решения при внедрении Smart Grid в России [Текст] / В.Н. Крысанов, В.Л. Бурковский, А.Л. Руцков, Ю.В. Шарапов // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМУКТ-15) сборник трудов VIII международной конференции. 2015. С.189-191.

Радиотехника и связь

УДК 681.324.687

ВХОДНОЙ ПОЛНОМАСШТАБНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ КМОП-КОМПАРАТОРОВ И ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ С НИЗКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ ПИТАНИЯ

В.С. Кононов

Проведен анализ входного диапазона синфазных напряжений и переходных характеристик наиболее известных полномасштабных усилителей. Установлено, что при низких напряжениях питания $1,8 \text{ В} \pm 5\%$ и типовых пороговых напряжениях около $0,9 \text{ В}$ входной диапазон составляет всего $0,9-1,3 \text{ В}$ в зависимости от типа усилителя. Показано, что полномасштабные усилители на основе двух дифференциальных пар РМОП и NМОП транзисторов фактически не имеют внутреннего участка шкалы с одинаковой переходной характеристикой, на котором РМОП и NМОП транзисторы одновременно активны. В полномасштабных усилителях другого типа с одной дифференциальной парой внутренний участок шкалы составляет около 400 мВ , что достигнуто ценой ухудшения входного сопротивления. В статье рассматривается новый полномасштабный усилитель с входным диапазоном, равным напряжению питания, и высоким входным сопротивлением. Предложено два варианта усилителя, которые отличаются наличием нейтрализатора помех в одном из этих вариантов. Усилители предназначены для использования при создании низковольтных компараторов и ОУ

Ключевые слова: КМОП, усилитель, диапазон, компаратор, ОУ

Литература

1. Кестер У. Аналого-цифровое преобразование [Текст] : монография / У. Кестер; пер. с англ. Е.Б. Володина. – М.: Техносфера, 2007. – 1016 с.
2. Duque-Carrillo J.F. 1-V Rail-to-Rail Operational Amplifiers in Standard CMOS Technology [Text] / J.F. Duque-Carrillo and et // IEEE JSSC. – 2000. – Vol. 35. – №. 1. – P. 33-44.

УДК 621.3

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В БАЗИСЕ ПЛИС СЕРИИ 5578

А.В. Строгонов, П.С. Городков

Рассматривается структура программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) типа «программируемые пользователем вентиляльные матрицы» (ППВМ) с логическими блоками на основе адаптивных логических модулей серии 5578, разработанной в рамках импортозамещения зарубежной электронной компонентной базы. По архитектурным решениям новые отечественные ПЛИС занимают промежуточное положение между низкобюджетной серией Al-

tera Cyclone II и высокопроизводительными ПЛИС серии Stratix III. Раскрываются особенности организации локальных и глобальных трассировочных ресурсов, блока цифровой обработки сигналов, режимы работы блока пользовательской памяти. Приводятся примеры проектирования цифровых фильтров с конечно-импульсной характеристикой с использованием САПР Altera Quartus II и вопросы программирования ПЛИС с применением среды разработки конфигурационных данных

Ключевые слова: линия задержки, умножитель, аккумулятор, фильтр, цифровая обработка сигналов

Литература

1. Altera. White Paper. FPGAs for High-Performance DSP Applications. May 2005, ver. 1.1.
2. Строгонов, А. САПР VTR7 для проектирования академических ПЛИС [Текст] / А. Строгонов, С. Цыбин, П. Городков // Компоненты и технологии. – 2016. - N3.
3. Строгонов, А. Особенности использования двух портовой памяти при проектировании последовательных КИХ-фильтров в САПР ПЛИС Quartus II [Текст] / А. Строгонов, С. Цыбин, П. Городков // Компоненты и технологии. – 2016. - N4.
4. Строгонов, А. Проектирование последовательных КИХ-фильтров в САПР ПЛИС Quartus II [Текст] / А. Строгонов, С. Цыбин, П. Городков // Компоненты и технологии. – 2016. - N1.
5. Строгонов А.В. Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем [Текст] : учеб. пособие / А.В. Строгонов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство “Лань”, 2015. -310 с.

УДК 629.423

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Д.В. Журавлёв, Ю.С. Балашов, Д.В. Шеховцов

Разработанная система мониторинга представляет собой организационно-технический комплекс, который имеет возможность обеспечивать сбор, передачу, обработку, хранение, вывод и стратегический анализ данных. Рассмотренная концептуальная модель системы мониторинга предполагает использование блочно-модульного принципа построения системы, что позволяет формировать её иерархический состав гибко и просто в зависимости от задач применения. Выделены пути реализации устройств регистрации сигнала для универсальной системы мониторинга различных показателей. Проведен обзор основных блоков устройств регистрации с описанием их функциональных задач. Реализация основной программно-управляемой части универсальной системы мониторинга осуществлена на интегральных микросхемах типа «система на кристалле». Выделены этапы разработки «системы на кристалле». Представлена структурная схема «системы на кристалле», полученная в результате декомпозиции системы. Описаны архитектурные особенности основных блоков «системы на кристалле», подвергшейся декомпозиции. Представлена организация работы устройств регистрации на базе микроконтроллера 1874BE96T. Приведен пример использования системы с различными датчиками и исполнительными механизмами

Ключевые слова: мониторинг, дистанционный контроль, универсальная система, система на кристалле, декомпозиция проекта

Литература

1. Эквивалентная схема МОП-транзистора с электрически соединенными затвором и карманом [Текст] / А. В. Русанов, А. Ю. Ткачев, Ю. С. Балашов // Известия высших учебных заведений. Электроника. - 2014. - № 1 (105). - С. 85-86 : схема, граф. - Библиогр.: с. 86 (3 назв.) . - ISSN 1561-5405
2. 16-разрядный микроконвертер [Электронный ре-сурс] : Режим доступа : World Wide Web. URL : <http://www.niiet.ru/chips/microconvertors/>

Машиностроение и машиноведение

УДК 621.983; 539.974

ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ ПРИ СВАРКЕ ЗАГОТОВОК ИЗ ТИТАНА

М.В. Семенов, В.В. Пешков

Приведены расчетные зависимости определения оптимального времени выдержки заготовок из титана под давлением при их сварке.

Исследовано влияние механических характеристик титановых сплавов на состояние ползучести и пластичности в зоне контакта соединяемых заготовок, а также на время технологического процесса. Приведены методика и результаты экспериментальных исследований, позволивших установить механические константы титановых сплавов и составить математические модели материалов OT4-1 и BT6. С использованием полученных моделей установлено

влияние параметров технологического процесса сварки заготовок (температура, давление) на время, необходимое для получения качественного соединения.

Выполнено исследование напряженно-деформированного состояния в упругопластической области материала соединяемых заготовок в непосредственной близости от контактной зоны.

Выявлены кинематика вдавливания элементов конструкции и зависимость величины деформации металла от соотношения размеров заготовок. Показана зависимость вертикального перемещения металла листа от времени в точке, соответствующей центру заполнителя, и ее прямо пропорциональное увеличение со временем испытания.

Полученные результаты необходимы для оптимизации технологических процессов сварки заготовок из титановых сплавов

Ключевые слова: ползучесть, время, давление, деформации, напряженно-деформированное состояние, сварка

Литература

1. Хорев, А.И. Разработка листового титанового высокотемпературного сплава ВТ38, применяемого при температурах до 700°C [Текст] / А.И. Хорев // Вестник машиностроения. - 2014. - №5. С. 67-69.
2. Чудин, В.Н. Соединение элементов корпусных конструкций давлением [Текст] / В.Н. Чудин // Вестник машиностроения. - 2014.- №1. С. 78-80.
3. Работнов, Ю.Н. Кратковременная ползучесть [Текст] / Ю.Н. Работнов, С.Т. Милейко – М.: Наука, 1970. – 234 с.

УДК 621.9.047

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОМЕТРИИ ПЕРЕХОДНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ

О.Н. Кириллов, В.П. Смоленцев, В.И. Котуков

В статье рассмотрен процесс получения плавных сопряжений элементов деталей, изготавливаемых с применением гидроабразивного метода в токопроводящей жидкой среде при действии внешнего электрического поля. Показаны возможности разработанного комбинированного метода для чистовой обработки профиля пера лопаток авиационных и ракетных двигателей.

Проблема получения с заданной точностью окончательного профиля сопрягаемых участков поверхностей решена путем использования комбинированной струйной гидроабразивной обработки с анодным удалением с поверхности разделения припуска, достаточного для снятия шаржированного слоя. Из теории электрохимической размерной обработки известно, что скорость съема материала анодным растворением будет выше на концентраторах поля, которыми являются микронеровности, поэтому наложение электрического поля способствует также снижению шероховатости. Одновременно происходит удаление продуктов обработки и восстановление режущих свойств абразива. Это приводит к стабилизации процесса разделения металла, повышает качество обработанной поверхности, производительность, увеличивает срок службы инструмента, дает возможность значительного снижения себестоимости обработки. Однако полученные ранее результаты не обеспечивают достижения требуемых технологических показателей при чистовой размерной обработке сложнопольных поверхностей типа лопаток турбин и компрессоров, турбонасосных агрегатов. Для этого требуется установление закономерностей для управления струей и создание механизма перемещения струи по поверхности зоны обработки, описание которой обычно задано табличным методом последовательным сочетанием точек. При проектировании режимов комбинированной обработки для каждой точки необходимо назначение параметров, учитывающих геометрию обрабатываемого участка детали и положение струи жидкости.

Современные конструкции наукоемкой транспортной техники содержат большое количество элементов, к которым прямой доступ металлорежущего инструмента ограничен. Для их чистовой обработки требуется создание новых технологических способов и устройств, рассматриваемый в статье комбинированный процесс решает эту проблему и значительно расширяет технологические возможности изготовителей перспективной продукции машиностроения

Ключевые слова: гидроабразивная обработка, сопряжение, переходные участки, механизм формообразования

Литература

1. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов [Текст] : Учеб. пособие (в 2-х томах). Т. II/Под ред. В.П. Смоленцева. М.: Высш. шк., 1983. – 208 с.
2. Смоленцев, В.П. Формирование поверхностного слоя при гидроабразивном разделении металлов с наложением электрического поля [Текст] / В.П. Смоленцев, Е.В. Гончаров // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. - Т. 7. - №7. – С.74-77.
3. Рази А.А. Траекторные преобразователи [Текст] / А.А. Рази. Л.: Машиностроение, 1984. – 192 с.
4. Безъязычный В.Ф. Метод подобия в технологии машиностроения [Текст] / В.Ф. Безъязычный. М.: Машиностроение, 2012.-320 с.
5. Юнусов Ф.С. Формообразование сложнопольных поверхностей шлифованием [Текст] / Ф.С. Юнусов. М: Машиностроение.1987.-248 с.

6. Смоленцев В.П. Комбинированное разделение заготовок гидроабразивным методом [Текст] / В.П. Смоленцев, Е.В. Гончаров, В.И. Котуков // Прогрессивные машиностроительные технологии, оборудование и инструменты. М.: Спектр, 2014. Т. 3.- С.118-172.

Физика

УДК 669.01(075)

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МЕДНОМАТРИЧНОГО НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Ю.Р. Копылов, Ю.А. Щетинин, О.В. Горожанкина

К конструкционным материалам, применяемым в ракетостроении для изготовления «горячих агрегатов» (камер сгорания, газогенераторов, теплообменников), предъявляются высокие требования по теплопроводности, жаропрочности и жаростойкости. В настоящее время указанным требованиям отвечают жаропрочные бронзы в сочетании с теплозащитными покрытиями, например сплавы Narloy Z, бронзы БрХЦрТ или БрХ08, которые обеспечивают съем теплового потока до $36 \cdot 10^6$ ккал/м²·час. Для разрабатываемых новых ракетных двигателей необходим новый конструкционный материал с повышенной теплопроводностью при сохранении его механических характеристик. Наиболее перспективным материалом является чистая медь, с введенными в ее металлическую матрицу углеродными наноразмерными частицами (нанотрубки, фуллерены), что позволяет существенно увеличить жаропрочность.

В данной статье впервые детально описаны технология получения, структура и свойства композита с массовой долей УНТ 0,5%, полученного методом механического легирования. Для сравнения приведены свойства образца из медного порошка ПМС-1 без добавления углеродных наночастиц. Для механического легирования использовали планетарную мельницу «Пulверизетте-5» (FRITSCH). Процесс легирования осуществлялся в течение 30 мин, при этом происходил разогрев капсул с композицией до 60-80 °С. Далее проводилась термообработка в вакууме и отжиг композиции. Предварительное прессование осуществлялось в стальной капсуле усилием 100 тс, в результате была получена цилиндрическая заготовка. Далее было проведено горячее изостатическое прессование (ГИП) в газостате QVINTUS-250. Для механических испытаний изготавливались цилиндрические образцы с толщиной рабочей части 5 мм.

Результаты прочностных испытаний показали, что предел текучести композита после ГИП на ~11% превышает аналогичный показатель образца ПМС-1 (без легирующих частиц) и в 2 раза превышает предел текучести меди марки М2. Теплопроводность исследуемого образца композита составила 289 Вт/м·К, что на ~20% превышает теплопроводность традиционно используемой бронзы БрХ08 (239 Вт/м·К). Полученные результаты показывают принципиальную возможность получения медного композиционного материала, упрочненного наноразмерными частицами углерода – УНТ методом механического легирования, однако имеется необходимость уточнения технологии его получения

Ключевые слова: нанокompозит, медь, механические свойства, термообработка

Литература

1. Chu, K. Fabrication and effective thermal conductivity of multi-walled carbon nanotubes reinforced Cu matrix composites for heat sink applications [Text] / K. Chu, W. Qingying // Composites Science and Technology. – 2010. – vol. 70. – pp. 298–304.
2. Predicting the thermal conductivity of composite materials with imperfect interfaces [Text] / J. Marcos-Gómez, M.R. Ching-Lloyd, W.J. Elizalde, J.M. Clegg, Molina-Aldareguia // Composites Science and Technology. – 2010. – vol. 70. – pp. 2276–2283.
3. Ваганов, В.Е. Углеродсодержащие нанокompозиты на основе меди функционального и конструкционного назначения [Текст] / В.Е. Ваганов, В.Д. Захаров, В.В. Решетняк // Материаловедение. – 2013. - №3. – С. 25-32.
4. ГОСТ 4960-75. Порошок медный электролитический. Технические условия [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1998. – 12с.
5. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение [Текст]. – Введ. 1984-07-16. – М.: Стандартинформ, 2008. – 24с.
6. ГОСТ 21073.1-75 Металлы цветные. Определение величины зерна методом сравнения со шкалой микроструктур [Текст]. – Введ. 1976-07-01. – М.: Издательство стандартов, 2008. – 24с.

УДК 538.975

СТРУКТУРА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК (SnO₂)_x · (ZnO)_{1-x} ДЛЯ x = 0,3; 0,5

С.А. Белоусов, Н.Н. Кошелева, А.А. Носов, Т.Г. Меньшикова, С.И. Рембеза

Металлооксидные пленки состава $(\text{SnO}_2)_x \cdot (\text{ZnO})_{1-x}$ для $x = 0,3; 0,5$, что соответствует соотношениям ZnO и SnO_2 2:1 ($x = 0,3$) ZTO2 и 1:1 ($x = 0,5$) ZTO1, изготовлены методом ионно-лучевого распыления в атмосфере Ar. Исследованы элементный и фазовый состав, структура пленок, их электрические и оптические свойства в аморфном состоянии. Свойства аморфных пленок ZTO1 и ZTO2 позволяют использовать их в прозрачной электронике в качестве канала (ZTO1) или в качестве прозрачных электропроводящих истока, стока и контакта затвора (ZTO2). После термообработки при 580°C в течение шести часов пленка ZTO1 не кристаллизовалась, а пленка ZTO2 представляет собой кристаллическую фазу Zn_2SnO_4 . Оценена возможность использования пленок ZTO1 и ZTO2 в прозрачной электронике и газовой сенсорике

Ключевые слова: тонкие пленки, ионно-лучевое распыление, элементный и фазовый состав, электрические и оптические свойства

Литература

1. Wager, J.F. Transparent electronics [Text] / J.F. Wager // Science. - 2003. - Vol. 300. - P. 1245-1246.
2. Jung, J. Solar Cell [Text] / J. Jung, D.L. Kim, S.N. Oh, H.J. Kim // Solar Energy Mater. - 2012. - Vol. 102. - P. 103-108.
3. Lampe, V. Thin film oxygen sensors made of reactively sputtered ZnO [Text] / V. Lampe, J. Mulle // Sens. and Actuators. - 1989. - Vol. 18. - P. 269-284.
4. Hoffman, K.L. ZnO based transparent thin film transistor [Text] / K.L. Hoffman, B.I. Norris, J.F. Wager // Appl. Phys. Lett.. - 2003. - Vol. 82. - P. 733-735.
5. Abdulaziz, A. Sh. Al – Shahrani, Preparation and characterisation of ceramic and thin film Zn_2SnO_4 [Text] / A. Abdulaziz, Sh. Al – Shahrani // E-Theses, Diorham Un. - 1993. - Vol. 32. - P. 467-471.
6. Рембеза, С.И. Синтез многокомпонентных металлооксидных пленок различного состава $(\text{SnO}_2)_x(\text{ZnO})_{1-x}$ ($x=1-0.5$) [Текст] / С.И. Рембеза, Н.Н. Кошелева, Е.С. Рембеза, Т.В. Свистова, Е.Ю. Плотникова, Е. Suvaci, E. Ozel, G. Tuncolu, C. Aciksari // Физика и техника полупроводников. - 2014. - Т. 48. - № 8. - С. 1147-1151.
7. Физические методы исследования материалов твердотельной электроники [Текст] / С.И. Рембеза, Б.М. Синельников, Е.С. Рембеза, Н.И. Каргин – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. - 432 с.
8. Govindappa, C.K. Electrochemical generation of cubic shaped nano Zn_2SnO_4 photocatalysts [Text] / C.K. Govindappa, V.T. Venkatarangiah, S.B. Abd Hamid // Nano-micro Letters. - 2013. - Vol. 5. - №2. - P. 101-110.
9. Румянцева, М.Н. Влияние микроструктуры полупроводниковых сенсорных материалов на хемосорбцию кислорода на их поверхности [Текст] / М.Н. Румянцева, Е.А. Макеева, А.М. Гаськов // Российский Химический Журнал (ЖРХО им. Д.И.Менделеева). - 2008. - Т. 52. - №2. - С. 122-129.

УДК 678

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВЫКЛАДКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.В. Гаганов, О.А. Караева, А.М. Кудрин, Я.В. Дарнева

Приведены результаты математического моделирования технологического процесса производства авиационных изделий из полимерных композиционных материалов. Представлены результаты многофакторного исследования технологического процесса автоматизированной выкладки экспериментальных образцов полимерного композиционного материала с заданными эксплуатационными характеристиками при помощи специализированных компьютерных средств для параметрических исследований и нелинейной оптимизации. Определен комплекс управляющих параметров, оказывающих наибольшее воздействие на результаты исследуемого технологического процесса в части механических свойств получаемых образцов. Созданы адаптивные нейросетевые модели, обеспечивающие прогнозирование результатов технологического процесса автоматизированной выкладки, позволяющие проводить оценку влияния управляющих параметров на прочностные характеристики образцов. Внедрение в производственный процесс разработанных методик многофакторного анализа позволит получить материал с заданными эксплуатационными характеристиками и снизить финансовые и временные затраты при изготовлении изделий из полимерных композиционных материалов

Ключевые слова: технологический процесс, моделирование, оптимизация

Литература

1. Крыжановский В.К. Технология полимерных материалов [Текст] / В.К. Крыжановский. СПб.: Профессия, 2008.
2. Алентьев А.Ю. Связующие для полимерных композиционных материалов [Текст] / А.Ю. Алентьев, М.Ю. Яблокова. М.: МГУ, 2010. 69 с.
3. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов [Текст] . 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. 688 с: ил.
4. Нейросетевые системы управления [Текст] / В.А. Терехов, Д.В. Ефимов, И.Ю. Тюкин, В.Н. Антонов. СПб.: Изд-во С.-Петербургского университета, 1999. 265 с.