

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ А.Г. Баханович

Регистрационный № _____

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

7-06-0713-02 Электронные системы и технологии

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.Н. Пищов

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2024

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.Л.Ланин, профессор кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра конструирования и производства приборов Белорусского национального технического университета (протокол № 2 от 10.10.2024);

В.А.Пилипенко, заместитель начальника государственного центра Белмикроанализ открытого акционерного общества «ИНТЕГРАЛ» - управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 4 от 14.10.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 3 от 15.11.2024);

Научно-методическим советом по электронным системам и технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 2 от 16.10.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» разработана для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта углубленного высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» является базовой в подготовке магистрантов в области математического моделирования и оптимизации технологических процессов производства электронных систем и приборов. Она предусматривает изучение методов и прикладных пакетов математического моделирования процессов производства электронных систем, а также приобретение навыков практического применения методик моделирования для оптимизации технологических процессов.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: изучение методов математического моделирования и оптимизации параметров современных технологических процессов производства электронных систем и приборов.

Задачи учебной дисциплины:

изучение методов моделирования и оптимизации параметров современных технологических процессов производства электронных систем и приборов;

приобретение знаний в области повышения эффективности функционирования программно-управляемых технологических процессов производства электронных систем и приборов;

овладение методиками применения прикладных пакетов программ математического моделирования для оптимизации параметров технологических процессов производства электронных систем и приборов.

Базовыми знаниями для учебной дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» являются знания, полученные при освоении образовательной программы общего высшего образования по специальности 6-05-0713-02 «Электронные системы и технологии». В свою очередь учебная дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» является базой для таких учебных дисциплин компонента учреждения образования, как «Адаптивные информационно-измерительные системы технологического оборудования», «Компьютерный инжиниринг и цифровое производство».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» формируются следующие компетенции:

универсальные:

применять методы научного познания в исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи;

развивать инновационную восприимчивость и способность к инновационной деятельности;

углубленная профессиональная: разрабатывать и применять методы моделирования для решения задач оптимизации технологических процессов.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

физические принципы функционирования и особенности конструкций электронных приборов и систем, твердотельных структур и современных интегральных компонентов;

физическую сущность процессов взаимодействия потоков энергии различной природы и технологических сред с поверхностью твердых тел и технологические возможности процессов электрофизической обработки материалов;

принципы и методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства электронных систем и приборов;

технологические процессы производства электронных приборов и систем с применением современного программно-управляемого оборудования;

уметь:

характеризовать области применимости моделей электронных приборов, твердотельных структур и современных интегральных компонентов, а также технологических процессов их производства;

моделировать и оптимизировать технологические процессы производства электронных приборов, твердотельных структур и современных интегральных компонентов;

анализировать физические процессы в электронных приборах, твердотельных структурах и современных интегральных компонентах;

моделировать и оптимизировать технологические процессы производства электронных приборов с субмикронным топологическим разрешением;

иметь навык:

применения прикладных пакетов программ математического моделирования для оптимизации параметров технологических процессов производства электронных приборов и систем;

работы с прикладными пакетами для моделирования и оптимизации технологических процессов производства электронных приборов и систем;

реализации методик повышения эффективности функционирования программно-управляемых технологических процессов производства электронных приборов и систем.

Примерная учебная программа рассчитана на 100 учебных часов, из них – 40 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 16 часов, лабораторные занятия – 8 часов, практические занятия – 16 часов.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия
Введение	2	2		
Раздел 1. Технологические системы производства	4	2		2
Тема 1. Структура и параметры технологических систем производства	4	2		2
Раздел 2. Математическое моделирование технологических процессов	8	2	4	2
Тема 2. Моделирование технологических процессов методами регрессионного анализа и полного факторного эксперимента	8	2	4	2
Раздел 3. Оптимизация параметров технологических процессов	6	4		2
Тема 3. Методы оптимизации параметров технологических процессов	2	2		
Тема 4. Моделирование методом центрального ортогонального композиционного плана	4	2		2
Раздел 4. Моделирование процессов взаимодействия потоков энергии различной природы с поверхностью твердых тел	16	4	4	8
Тема 5. Моделирование процессов взаимодействия потоков ультразвуковой, высокочастотной, инфракрасной и лазерной энергии с поверхностью твердых тел	10	2	4	4
Тема 6. Моделирование электромагнитных и тепловых полей с применением программных пакетов Comsol Multiphysics и Solidworks Flow Simulation	6	2		4
Раздел 5. Компьютерное моделирование параметров технологических систем	4	2		2
Тема 7. Методы компьютерного моделирования и оптимизации параметров технологических систем	4	2		2
Итого:	40	16	8	16

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Системный анализ технологий производства электронных приборов и систем. Характеристика современного производства электронных систем и приборов.

Раздел 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА

Тема 1. СТРУКТУРА И ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА

Понятие и структура технологических систем производства. Параметры программно-управляемых технологических систем. Системный анализ технологий производства электронных приборов и систем. Характеристика современного производства электронных систем и приборов. Основные тенденции развития технологических систем производства.

Раздел 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА И ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Виды математических моделей. Стратегия моделирования процессов и приборов. Математические модели и методы моделирования технологических процессов. Корреляционный и регрессионный анализ процессов. Моделирование технологических процессов методом полного факторного эксперимента.

Раздел 3. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Тема 3. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методы оптимизации параметров технологических процессов производства: Гаусса-Зайделя, градиента, Бокса-Уилсона.

Тема 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОРТОГОНАЛЬНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПЛАНА

Моделирование методом центрального ортогонального композиционного плана. Графическая интерпретация математических моделей процессов.

Раздел 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Тема 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ, ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ, ИНФРАКРАСНОЙ И ЛАЗЕРНОЙ ЭНЕРГИИ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Моделирование взаимодействия потоков ультразвуковой, высокочастотной, инфракрасной и лазерной энергии с поверхностью твердых тел при формировании контактных соединений в электронных модулях и изделиях.

Тема 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ COMSOL MULTIPHYSICS И SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Моделирование электромагнитных и тепловых полей с применением программных пакетов Comsol Multiphysics и Solidworks Flow Simulation в процессах высокочастотного и лазерного нагрева паяльных и микросварных соединений в электронных блоках.

Раздел 5. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Тема 7. МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методы компьютерного моделирования и оптимизации параметров технологических систем. Моделирование методом конечных элементов. Программный комплекс ANSYS и его применение для моделирования технологических систем. Методика моделирования процесса сборки электронных модулей.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

1. Федоткин, И. М. Математическое моделирование технологических процессов / И. М. Федоткин. – Москва : Ленанд, 2018. – 416 с.
2. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник для вузов / В. П. Тарасик. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2016. – 592 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

3. Ланин, В. Л. Моделирование технологических процессов сборки и монтажа электронных модулей : методическое пособие / В. Л. Ланин. – Минск : БГУИР, 2011. – 52 с.
4. Ланин, В. Л. Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов изготовления приборов электронной техники / В. Л. Ланин. – Минск : БГУИР, 2015. – 66 с.
5. Горохов, В. А. Основы экспериментальных исследований и методика их проведения / В. А. Горохов. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2016. – 654 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- изучение учебного материала лекций, практических занятий и лабораторных работ с использованием электронных ресурсов,
- подготовка отчетов к лабораторным и практическим занятиям с использованием компьютерной техники,

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 7-06-0713-02 «Электронные системы и технологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов» рекомендуется зачет. Оценка учебных достижений обучающихся производится по системе «зачтено/не зачтено».

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций обучающихся могут использоваться следующие формы:

- контрольная работа,
- выборочный опрос на лекциях и практических занятиях,
- защита практических заданий и лабораторных работ.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

словесные методы (лекции, книги, беседы, дискуссии);

наглядные методы (видеоматериалы, явления, наглядные пособия);

практические методы (практические занятия, лабораторные работы).

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Исследование процесса ультразвуковой сварки деталей методом регрессионного анализа.

2. Исследование процесса индукционной пайки в зазоре магнитопровода методом планирования эксперимента.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Моделирование технологических процессов методом полного факторного эксперимента.

2. Моделирование и оптимизация процессов методом Бокса-Уилсона.

3. Моделирование параметров технологических систем методом конечных элементов.

4. Моделирование процессов взаимодействия потоков электромагнитной энергии и технологических сред с поверхностью твердых тел.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

1. Comsol Multiphysics

2. SolidWorkss Flow Simulation.