

**Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
\_\_\_\_\_ С.К. Дик  
12.04.2017

**ПРОГРАММА  
вступительного экзамена в магистратуру  
по специальности 1-38 80 04 Технология приборостроения»**

Минск 2017

Программа вступительного экзамена составлена в соответствии с квалификационными требованиями, предъявляемыми к уровню подготовки специалистов на второй ступени высшего образования, а также типовых учебных программ по дисциплинам: «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 29.07.2016, регистрационный №ТД–I.1374 /тип., «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 03.05.2016, регистрационный №ТД–I.1359/тип. и «Информационные технологии проектирования электронных устройств» утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 02.02.2017, регистрационный №ТД–I.1403/тип.

#### СОСТАВИТЕЛИ:

**В.Ф. Алексеев** – канд.техн.наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», заместитель заведующего кафедрой;

**И.Н. Цырельчук** – канд.техн.наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», заведующий кафедрой;

**С.К. Дик** – канд.физ.-мат.наук, доцент кафедры электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», первый проректор;

**Г.А. Пискун** – канд.техн.наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

**В.Е. Матюшков** – д-р техн. наук, профессор кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», главный инженер ОАО «КБТЭМ-ОМО»;

**Т.В. Петлицкая** – канд.техн.наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», начальник сектора ОАО «ИНТЕГРАЛ» Филиал «Белмикросистемы»;

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол №17 от 10.04.2017)

Заместитель заведующего кафедрой ПИКС

В.Ф. Алексеев

## **Дисциплина «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

### **Раздел 1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

#### **Тема 1. ПОНЯТИЕ МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Классификация моделей и моделирования по следующим признакам: характер моделируемой стороны объекта; характер процессов, протекающих в объекте; способ реализации модели. Требования, предъявляемые к моделям.

#### **Тема 2. ЭТАПЫ И ЦЕЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Основные этапы компьютерного моделирования: уяснение целей моделирования, построение концептуальной модели, выбор языка программирования или моделирования, разработка алгоритма и программы модели, планирование эксперимента, выполнение эксперимента с моделью, обработка, анализ и интерпретация данных эксперимента.

### **Раздел 2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

#### **Тема 3. ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Классы программного обеспечения. Структура и назначение программного обеспечения. Классификационные признаки. Классификация компьютерного программного обеспечения по способу исполнения, степени переносимости, способу распространения и использования, назначению и видам.

#### **Тема 4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭС**

Возможности программных пакетов для решения инженерных задач. Краткий обзор основных программных пакетов для решения инженерных задач моделирования и проектирования РЭС, в том числе физических процессов, воздействующих на РЭС.

### **Раздел 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

#### **Тема 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СТАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Предварительный анализ и моделирование процессов растяжения, сжатия, изгиба, кручения и сдвига. Моделирование статистических испытаний при постоянном и снижающемся напряжении.

#### **Тема 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Предварительный анализ и моделирование периодических (гармонических и негармонических) и импульсных (ударных многократных и одиноч-

ных) нагрузок на материалы и оборудование. Моделирование динамических линейных ускорений и акустических шумов. Моделирование разновидностей конструкций виброизоляторов.

#### **Тема 7. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

Моделирование испытаний на усталость при одноступенчатом, многоступенчатом и случайном нагружении; при наличии и отсутствии концентрации напряжений; растяжении-сжатии, изгибе, кручении и комбинированном нагружении; нормальной, повышенной и пониженной температурах.

#### **Тема 8. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЗАДАЧ**

Предварительный анализ и моделирование воздействия повышенной и пониженной температур. Моделирование воздействия циклического изменения температуры и термоудара. Моделирование теплообмена в герметичном и перфорированном корпусе РЭС при принудительном и естественном воздушном охлаждении.

#### **Тема 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗАДАЧ**

Моделирование электромагнитных связей и помех в модулях РЭС. Моделирование электромагнитной совместимости устройств и блоков РЭС. Анализ и создание модели экранирования. Моделирование электростатического разряда. Математические и компьютерные модели уравнений электромагнитного поля и основные электродинамические задачи РЭС

#### **Тема 10. АНАЛИЗ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Определение адекватности моделирования и соответствия требованиям, предъявляемым к моделям (актуальность, результативность, экономичность, достоверность, простота, открытость). Обработка полученных в результате моделирования данных. Основные способы и методы представления результатов моделирования.

### **Дисциплина «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»**

#### **Раздел 1. ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ РЭС**

##### **Тема 1. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОНСТРУКЦИЮ РЭС**

Классификация радиоэлектронных средств по назначению, объекту установки, условиям применения и конструктивным признакам. Области применения РЭС различного назначения.

## Тема 2. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА

Характеристика климатических воздействий (климат, температура, влага, давление, пыль, песок, солнечная радиация). Макроклиматическое районирование. Нормальные значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации и испытаниях. Основные требования к проектированию РЭС в части видов воздействующих климатических факторов внешней среды. Номинальные и эффективные значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации.

Особенности проектирование радиоэлектронных средств с учетом климатического исполнения и категории изделий.

## Раздел 2. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ РЭС

### Тема 3. ОБОБЩАЮЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Графические и знаковые модели: общие положения; общие правила построения и использования. Методы теории подобия и моделирования.

Преобразование – определяющий физический эффект работы и конструкций РЭС. Обобщающая физическая модель РЭС. Принципы описания конструкций в обобщенных параметрах.

Методика обобщенного исследования преобразования потоков энергии в РЭС.

### Тема 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Физические эффекты, возникающие в конструкции РЭС, в процессе ее функционирования. Постановка краевых задач. Метод разделения переменных. Метод интегральных преобразований: преобразование Фурье, преобразование Лапласа. Операционный метод. Метод функции Грина. Метод конечных разностей.

## Раздел 3. ТЕПЛО- И МАССОБМЕН В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ

### Тема 5. ОСНОВЫ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА

Основные понятия и определения. Общая характеристика механизмов тепло- и массообмена в РЭС. Тепло- и влагостойкость элементов РЭС. Типовые задачи тепло- и массообмена в РЭС.

Источники тепла в радиоэлектронных средствах. Нормальный тепловой режим РЭС.

### Тема 6. ПЕРЕНОС ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ КОНВЕКЦИЕЙ

Теплоотдача при свободном движении жидкости. Критериальные уравнения. Расчетные формулы теплоотдачи различных тел в неограниченном

пространстве. Естественная конвекция в ограниченном пространстве. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел. Вынужденная конвекция в трубах и каналах. Теплообмен при кипении. Теплообмен при конденсации.

Теплообмен конвекцией при давлениях, отличных от нормального.

#### Тема 7. ПЕРЕНОС ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬЮ

Теплообмен теплопроводностью. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Фурье. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки. Теплопроводность сферической поверхности. Теплопроводность плоской стенки с внутренним источником теплоты. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренним источником теплоты. Теплопроводность многослойной стенки. Теплопроводность в ребре постоянного сечения. Теплопроводность стержня. Тепловое сопротивление. Конвективный теплообмен. Основы теории подобия.

#### Тема 8. ПЕРЕНОС ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Теплообмен излучением. Закон Планка, закон Релея – Джинса, закон Вина. Закон Стефана – Больцмана. Закон Ламберта. Излучение черных тел, «серое» тело. Закон Кирхгофа для излучения. Теплообмен излучением между параллельными пластинами, разделенными прозрачной средой. Солнечное излучение.

#### Тема 9. ТЕПЛОВАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Тепловая чувствительность: конструкционные материалы, пластические материалы, радиокерамические материалы, магнитные материалы, резисторы, конденсаторы, полупроводниковые материалы, интегральные схемы, средства индикации.

#### Тема 10. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХАРАКТЕРНЫХ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ

Задачи теплового режима РЭС, приводящие к уравнениям параболического и эллиптического типов. Постановка краевых задач. Метод разделения переменных в приложении к тепловым расчетам интегральных схем. Операционные методы для расчета нестационарных тепловых режимов. Метод конечных интегральных преобразований при расчетах температуры элементов интегральных схем.

#### Тема 11. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РЭС

Тепловые модели конструкций радиоэлектронных средств. Методы перехода от реальных конструкций к их тепловым моделям. Принцип местного влияния, принцип суперпозиции тепловых полей.

## Тема 12. СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РЭС

Классификация систем охлаждения. Системы обеспечения тепловых режимов РЭС. Элементы и устройства систем обеспечения тепловых режимов. Особенности проектирования РЭС с учетом тепло- и массообмена.

### Раздел 4. ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ РЭС ОТ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

#### Тема 13. МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЕ ВЛАГИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ РЭС

Механизмы проникновения влаги. Влияние влаги на эффективность и качество конструкций РЭС. Влияние биологической среды и пыли.

#### Тема 14. ГЕРМЕТИЗАЦИЯ РЭС

Виды герметизации. Пропитка. Назначение, особенности конструкций пропитываемых изделий. Основные свойства пропиточных материалов. Обволакивание и заливка. Расчет внутренних напряжений в компаундах при заливке. Методы снижения внутренних напряжений в компаундах. Основные свойства компаундов и рекомендации по их применению.

Разъемная герметизация. Особенности проектирования металлических уплотнителей. Особенности проектирования резиновых уплотнителей. Корпуса, крышки и их соединения. Расчет качества герметизации.

Неразъемная герметизация. Неразъемная герметизация сваркой и пайкой. Проходные изоляторы для герметизированных корпусов. Расчеты герметичности. Расчет усилия обжатия, расчет утечки с помощью алгоритмов автоматизированного проектирования.

Защита покрытиями. Методы определения степени влагозащиты РЭС. Оценочные расчеты степени герметичности блока РЭС.

### Раздел 5. ЗАЩИТА КОНСТРУКЦИЙ РЭС ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

#### Тема 15. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЭС С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Классификация механических воздействий. Параметры гармонических и случайных вибраций. Параметры ударных нагрузок и акустических шумов. Методы измерения параметров механических воздействий.

Виды реакций РЭС на механические воздействия. Реакция резисторов и конденсаторов на механические воздействия. Реакция катушек индуктивности, жгутовых и кабельных соединений на механические воздействия.

Реакция разъемных и контактных соединений на механические воздействия. Производственные механические воздействия.

## Тема 16. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ ВИБРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ РЭС

Динамические характеристики конструкций и элементов РЭС. Основные динамические характеристики блоков РЭС. Определение собственных частот блоков РЭС. Определение собственных частот ЭРЭ. Расчет собственных частот печатных плат. Определение вынужденных колебаний элементов в конструкциях РЭС.

Способы виброзащиты конструкций РЭС. Виброзащита полупроводниковых приборов и ЭРЭ. Использование заливки и вибропоглощающих покрытий.

Схемы монтажа блоков на виброизоляторах. Разновидности конструкций виброизоляторов. Статический расчет системы виброизоляции.

Динамический расчет системы виброизоляции. Реакция РЭС на ударные нагрузки. Динамический расчет системы изоляции ударных нагрузок.

Методика расчета вибропрочности несущих конструкций. Методы расчета конструкций с использованием ЭВМ (метод конечных элементов).

## Раздел 6. ДЕЙСТВИЕ ПРОНИКАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ НА ЭЛЕМЕНТЫ РЭС

### Тема 17. ВИДЫ ПРОНИКАЮЩЕЙ РАДИАЦИИ И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Общие сведения о радиационной обстановке. Радиационная обстановка при ядерном взрыве. Радиационная обстановка на объектах ядерными энергетическими установками. Радиационная обстановка на космических объектах.

Источники радиации, применяемые при экспериментальных исследованиях.

### Тема 18. ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Характеристика основных типов радиационных дефектов в твердых телах. Взаимодействие излучений с веществом. Влияние радиации на электрофизические свойства полупроводниковых материалов. Влияние радиации на электрофизические свойства неорганических материалов. Влияние радиации на электрофизические свойства органических материалов.

### Тема 19. ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ И ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

Биполярные транзисторы. Униполярные транзисторы. Полупроводниковые диоды. Туннельные диоды. Полупроводниковые фотопреобразователи. Интегральные схемы.

### Тема 20. ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ НА ПЬЕЗО-КВАРЦЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ, ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЯ

Действие радиации на кристаллический кварц. Действие радиации на пьезокварцевые изделия. Действие радиации на конденсаторы, резисторы, радиокомпоненты.

## Раздел 7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЭС

### Тема 21. ВИДЫ ПАРАЗИТНОЙ СВЯЗИ

Общая характеристика электромагнитных связей. Источники возникновения помех в РЭС. Электромагнитная обстановка. Паразитная емкостная связь. Паразитная индуктивная связь. Паразитная емкостная и индуктивная связи с участие посторонних проводов. Паразитная связь через электромагнитное поле и волноводная связь. Паразитная связь через общее полное сопротивление.

### Тема 22. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ЭЛЕМЕНТАХ И КОМПОНЕНТАХ РЭС, ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Оценка работы конденсаторов и резисторов при воздействии помех. Физические процессы в активных компонентах при воздействии помех. Влияние помех на цифровые схемы. Влияние помех на аналоговые схемы. Схемы сопряжения при воздействии помех. Помехи в источниках питания.

### Тема 23. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РЭС И ЭКРАНИРОВАНИЕ

Уравнения электромагнитного поля и основные электродинамические задачи РЭС. Основные принципы экранирования. Методы расчета потенциальных полей РЭС.

## **Дисциплина «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ»**

### **Раздел 1. МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

#### **Тема 1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Основные характеристики информационных систем проектирования электронных устройств. Особенности проектирования конструкций, связанные с применением систем автоматизированного проектирования. Общая характеристика прикладного программного обеспечения информационных технологий проектирования электронных устройств. Жизненный цикл изделия и CALS-технологии.

Комплексная автоматизация проектирования, производства и эксплуатации электронных устройств. Взаимосвязь основных систем автоматизации в рамках интегрированных производственных комплексов.

## Тема 2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Методы теории графов. Формальное описание коммутационных схем с помощью гиперграфов и матриц цепей и инцидентности. Основные модели представления коммутационной схемы электронных устройств. Основы теории алгоритмов. Математическая модель электронной схемы и монтажного пространства.

## Раздел 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, ИНФОРМАЦИОННОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

### Тема 3. АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ЗАДАЧ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Основные классы задач математического программирования. Линейное программирование. Математическая формулировка. Транспортная задача. Задача о назначениях. Венгерский метод. Нелинейное программирование. Математическая формулировка. Прикладные задачи. Целочисленное программирование. Математическая формулировка. Прикладные задачи. Методы статистической оптимизации. Динамическое программирование.

Компоновка типовых элементов конструкций. Последовательные алгоритмы разрезания схем. Итерационные алгоритмы компоновки. Алгоритмы покрытия.

Алгоритмы размещения. Классификация. Алгоритмы линейного назначения. Итерационные алгоритмы. Алгоритмы парных перестановок.

Алгоритмы случайного поиска и случайного блуждания. Эвристические алгоритмы. Непрерывно-дискретные алгоритмы. Алгоритмы, использующие дискретные методы оптимизации.

Алгоритмы трассировки проводных и печатных соединений. Волновой алгоритм Ли. Метод встречной волны. Лучевой алгоритм трассировки. Эвристические алгоритмы трассировки. Алгоритмы трассировки на основе нейронных сетей.

Особенности использование алгоритмов трассировки в современных пакетах автоматизированного проектирования электронных устройств.

## ТЕМА 4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Требования к моделям, используемым при решении типовых задач конструкторско-технологического проектирования электронных устройств. Типовые математические модели и алгоритмы автоматизированного проектирования технологических процессов (ТП). Функциональные и структурные модели технологических процессов изготовления электронных устройств. Структурно-логические модели ТП. Табличные модели. Сетевая форма описания ТП. Алгоритм проектирования ТП с использованием сетевой модели.

Перестановочная форма описания ТП. Алгоритм проектирования ТП с использованием перестановочной модели. Индивидуальный и обобщенный технологические маршруты. Алгоритм синтеза технологического маршрута из обобщенного ТП.

Типовые решения в САПР технологических процессов. Виды технологических процессов. Методики автоматизированного проектирования технологического процесса. Метод прямого проектирования. Метод анализа. Метод синтеза в САПР технологических процессов.

#### Тема 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Постановка задачи проектирования оптимального ТП. Виды оптимизации ТП. Структурная оптимизация ТП. Параметрическая оптимизация ТП. Задачи оптимизации в подсистемах САПР электронных устройств. Основные критерии оптимальности. Способы поиска оптимальных решений. Прикладные задачи оптимизации.

#### Тема 6. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Средства документирования в САПР ТП. Организация системы формирования технологической документации. Применение систем автоматизации технологического проектирования ТехноПро, Techcard для разработки комплекта технологической документации. Алгоритмы автоматизированного проектирования ТП в САПР ТехноПро.

#### Тема 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Информационные модели данных. Общая структура и характеристика информационного обеспечения в САПР ТП. Основные типы и структуры данных.

Логическое и физическое представление данных. Логические структуры данных. Физическая организация данных. Принципы организации банков данных.

Системы управления банками данных.

#### Тема 8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Состав технических средств САПР электронных устройств. Перспективы развития методов, алгоритмов и подсистем автоматизированного проектирования конструкций и технологических процессов производства электронных устройств.

### Раздел 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

#### Тема 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИБЛИОТЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Структура библиотек элементов. Создание символов (УГО), посадочных мест и компонентов на их основе. Типы компонентов. Типы библиотек.

#### Тема 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Работа с редактором схем Schematic. Методика проектирования электрических схем. Электрические цепи и применение шин в схеме. Создание многостраничных проектов. Проверка электрической схемы. Особенности получения конструкторско-технологической документации. Вывод данных на печать.

#### Тема 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Структура слоев печатной платы. Переход от электрической схемы к печатной плате. Описание основных правил проектирования для печатных плат. Решение задач размещения и трассировки соединений. Оптимизация размещения. Ручная и автоматическая трассировка. Области металлизации на печатной плате. Проверка печатных плат. Внесение изменений в проект. Проектирование многослойных печатных плат. Получение комплекта технологической документации. Получение программ и кодов для управления технологическим оборудованием. Формирование трехмерного представления печатных плат. Обмен данными с другими прикладными пакетами проектирования.

### Раздел 4. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

#### Тема 12. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Геометрическое моделирование и синтез форм деталей. Виды геометрических моделей. Аналитические, алгебрологические, канонические, каркасные, кинематические, геометрические макромодели и их применение при автоматизированном проектировании.

#### Тема 13. ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Понятие параметризации. Связь документов детали, сборки и чертежа. Размерные и геометрические ограничения на параметры модели.

Эскиз и плоскости построения. Объекты эскиза. Взаимосвязь между объектами эскиза. Твердотельные элементы. Конфигурации деталей. Производные детали. Проектирование деталей из листового материала. Методы проектирования сборок. Сопряжения между деталями. Создание чертежей деталей и сборок. Стандартные виды, ортогональная проекция, вспомогательный, именованный, местный, разъединенный виды, вид по модели. Разрезы. Условные обозначения. Элементы оформления.

## Тема 14. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Прочностной анализ и анализ устойчивости конструкций. Определение собственных частот и форм колебаний элементов конструкции. Тепловой расчет и термоупругий анализ. Параметрическая оптимизация по различным критериям.

Моделирование ударных воздействий. Анализ движения механизмов.

### ЛИТЕРАТУРА

#### Дисциплина «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

1. Алямковский, А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде SolidWorks. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 784 с.
2. Бордовский, Г.А. Физические основы математического моделирования: Учеб. пособие для вузов / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 320 с.
3. Булавин, Л.А. Компьютерное моделирование физических систем: Учебное пособие / Л.А. Булавин, Н.В. Выгорницкий, Н.И. Лебовка. - Долгопрудн: Интеллект, 2011. - 352 с.
4. Информатика и программирование. Основы информатики: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Н.И. Парфилова, А.В. Пруцков, А.Н. Пылькин, Б.Г. Трусов; под ред. Б.Г. Трусова. — М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.
5. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование / А.Л. Королев. - М.: БИНОМ. ЛЗ, 2013. - 230 с.
6. Ларченко, Д.А. Интерьер: дизайн и компьютерное моделирование. / Д.А. Ларченко, А.В. Келле-. - СПб.: Питер, 2011. - 480 с.
7. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MatLab/Simulink – Учебное пособие/ В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбникова. – Киев, 2008. – 91 с.
8. Овчинникова, И.Г. Компьютерное моделирование вербальной коммуникации: Учебно-методическое пособие / И.Г. Овчинникова. - М.: Флинта, Наука, 2009. - 136 с.
9. Орлова, И.В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: Учебное пособие / И.В. Орлова. - М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 389 с.
10. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCad / С.В. Поршневу. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2011. – 320 с.

11. Сирота, А.А. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Э.К. Алгазинов, А.А. Сирота; Под общ. ред. проф. д.т.н. Э.К. Алгазинов. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2009. - 416 с.

12. Тарасевич, Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс: Учебное пособие / Ю.Ю. Тарасевич. - М.: ЛИБРОКОМ, 2013. - 152 с.

13. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: Учебник для вузов. – Минск: ДизайнПРО, 2004. – 640 с.: ил.

14. Торшина, И.П. Компьютерное моделирование оптико-электронных систем первичной обработки информации: Монография / И.П. Торшина. - М.: Унив. книга, 2009. - 248 с.

15. Юрчук, С.Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур: моделирование наносистем методами молекулярной динамики: Курс лекций / С.Ю. Юрчук. - М.: МИСиС, 2013. - 47 с.

### **Дисциплина «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ»**

1. Молодечкина, Т.В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. Комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 1 / Т.В. Молодечкина, В.Ф. Алексеев, М.О. Молодечкин. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 204 с.

2. Молодечкина, Т.В. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств : учеб.-метод. Комплекс для студентов специальности 1-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС». В 2 ч. Ч. 2 / Т.В. Молодечкина, В.Ф. Алексеев, М.О. Молодечкин. – Новополоцк : ПГУ, 2013. – 224 с.

3. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1: Моделирование физических процессов в радиоэлектронных средствах с помощью программных комплексов : пособие / В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун. – Минск: БГУИР, 2016. – 71 с.

4. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.

5. Жаднов В.В., Сарафанов А.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 464 с.

6. Исследование тепловых характеристик РЭС методами математического моделирования: Монография / В.В. Гольдин, В.Г. Журавский, В.И. Коваленок и др.; Под ред. А.В. Сарафанова. – М.: Радио и связь, 2003. – 456 с.

7. Каленкович Н.И., Фастовец Е.П., Шамгин Ю.В. Механические воздействия и защита РЭА. Учебное пособие для вузов. - Мн.: Вышэйшая школа, 1989.

8. Касьян Н.Н. Комплексное математическое моделирование электрических и тепловых процессов радиоэлектронных средств / Н.Н.Касьян, А.С.Конавальчук, Ю.Н.Кофанов, В.Н.Крищук. - Запорожье: ЗГТУ, 1995. - 118 с.
9. Конструирование радиоэлектронной аппаратуры и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости / А.Д. Князев, Л.Н. Кечиев, Б.В. Петров. – М.: Радио и связь, 1989. – 224 с.
10. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов/ К.И. Билибин и др. Под общ. ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
11. Кофанов, Ю.Н. Автоматизация проектирования и моделирования печатных узлов радиоэлектронной аппаратуры / Ю.Н.Кофанов, Н.В.Малютин, А.В.Сарафанов и др. - М: Радио и связь, 2000. - 389 с.
12. Математическое моделирование радиоэлектронных средств при механических воздействиях / Ю.Н.Кофанов, А.С.Шалумов, В.В.Гольдин, В.Г.Журавский. М.: Радио и связь, 2000. – 226 с.
13. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов – М.: Высш. школа, 1990. – 432 с.
14. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Сов. радио, 1976.
15. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под ред. Р.Г. Варламова. - М.: Сов. радио, 1980.

### **Дисциплина «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ»**

1. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник / под ред. А.П. Карпенко; И.П.Норенкова и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 240 с.
2. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 192 с.
3. Муромцев Ю. Л., Муромцев Д. Ю., Тюрин И. В. и др. Информационные технологии в проектировании радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учебн. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 384 с.
4. Боровков А.И., Бурдаков С.Ф., Клявин О.И., Мельникова М.П., Михайлов А.А., Немов А.С., Пальмов В.А., Силина Е.Н. Компьютерный инжиниринг : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 93 с.
5. Суходольский, В.Ю. Altium Designer. Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах / В.Ю. Суходольский. — СПб. : БХВ-Петербург, 2010. — С. 480.
6. Дударева Н.Ю., Загайко С.А. SolidWorks 2009 для начинающих (+ CD-ROM). – БХВ-Петербург, 2009.

7. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчёта конструкций в среде SolidWorks. – М.: ДМК, 2010.
8. Сабунин А. Altium Designer 2013: новые возможности – шаг навстречу российским пользователям // Современная электроника. - 2013. - № 3. - С. 68-72.
9. Падун Б.С., Куликов Д.Д. Перспективы автоматизации технологической подготовки производства // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2014. - Т. 57, № 8. - С. 7-11.
10. Помпеев К.П., Клевцов В.А. Автоматизация процесса проектирования технологий на основе структурного синтеза размерных связей // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. - 2014. - Т. 57, № 8. - С. 37-40.
11. Суходольский В.Ю. Altium Designer. Проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — С. 480.
12. Система автоматизации технологического проектирования ТехноПро. Версия 5. Руководство пользователя. – М. : ТОП Системы, 2003. – 485 с.
13. Автоматизация проектирования радиоэлектронных средств : учеб. пособие для вузов / О. В. Алексеев [и др.] ; под ред. О. В. Алексеева. – М. : Высш. шк., 2000. – 479 с.
14. Автоматизация машиностроения / Н. М. Капустин [и др.]. – М. : Высш. шк., 2003. – 223 с.
15. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб. : Питер, 2004. – 560 с.
16. Прохоренко, В. П. Solid Works 2005 : практич. руководство / В. П. Прохоренко. – М. : БИНОМ, 2005. – 512 с.
17. Ткачев, Д. AutoCAD 2005 / Д. Ткачев. – СПб. : Питер, 2005. – 462с.
18. Сабунин, А. Altium Designer 14: обзор новых возможностей [Текст] / А. Сабунин // Современная электроника. - 2013. - № 9. - С. 64-67.
19. Медведев, А. М. Сборка и монтаж электронных устройств / А. М. Медведев. – М. : Техносфера, 2007. – 256 с.
20. Кунву Л. Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004.
21. ГОСТ 23752-79. «Платы печатные. Общие технические условия».
22. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат. Учебник. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.
23. Суходольский В. Ю. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах в САПР Altium Designer 6. Часть 1.: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008.