

**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 1-39 81 01 Компьютерные технологии
проектирования электронных систем**

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: «Проектирование электронных модулей, устройств и систем», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 29.07.2016 №ТД–I.1372/тип, «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 03.05.2016, регистрационный №ТД–I.1359/тип. и «Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 29.07.2016, регистрационный №ТД–I.1374 /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».

С.А. Ефименко – канд.техн.наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», главный конструктор ОАО «ИНТЕГРАЛ».

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»;

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 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ, УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ»

Раздел 1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИЙ ЭМУС

Тема 1. КОНСТРУИРОВАНИЕ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭМУС

Сущность процесса проектирования и роль конструктора в обществе.

Объект проектирования. Конструирование как процесс проектирования с обратной связью. Основные этапы проектирования ЭМУС. Задачи и характер конструирования.

Основные свойства ЭМУС и их описание. Взаимодействие ЭМУС с окружающей средой в процессе эксплуатации и изготовления. Уровни сложности системы.

Основные требования к проектированию современных радиоэлектронных устройств. Противоречия между расширением функциональных возможностей и ограничениями на габариты, массу, удобство применения и обслуживания при повышении требований к надежности, патентной чистоте и другим показателям.

Тема 2. ВЫБОР СТРАТЕГИИ И МЕТОДОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭМУС

Стратегии проектирования. Методы решения конструкторских задач: понятие методов проектирования, элементарные методы, методы синтеза и анализа. Системный подход при проектировании ЭМУС. Преимущества и трудности системного подхода к проектированию ЭМУС. Поиск конструкторских решений. Методы конструирования ЭМУС.

Тема 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ЭМУС ОТ ВЛАГИ

Атмосферная коррозия деталей. Стойкость материалов к атмосферной коррозии. Влагостойкость металлов и пластмасс. Процесс растворимости воды в полимерах. Закон Генри. Термопластичные органические материалы и их характеристики. Резины и эбониты и их параметры конструкций ЭМУС.

Защита от влаги с помощью покрытий. Металлические покрытия. Цинковое, кадмиевое, никелевое, хромовое, медное, оловянное покрытия, покрытия благородными металлами.

Анодно-окисные покрытия. Химические окисные покрытия. Лакокрасочные покрытия и их свойства. Покрытия меламиновые. Пентафталевые и глифталевые покрытия. Перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные покрытия. Эпоксидные, полиакриловые, фенольные, битумные покрытия.

Раздел 2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭМУС

Тема 4. МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭМУС

Особенности методов конструирования ЭМУС. Схема разработки эффективной ЭМУС. Классификация видов связей в ЭМУС.

Сложившиеся методы конструирования ЭМУС. Геометрический, машиностроительный, топологический методы, метод моноконструкций, базовый и эвристический методы, метод автоматизированного проектирования.

Тема 5. КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Конструкторские документы и их классификация. Стадии разработки конструкторской документации. Техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект.

Виды и комплектность конструкторских документов. Виды и типы изделий. Рабочая конструкторская документация. Схемная документация. Текстовые документы.

Тема 6. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ЭМУС

Современная элементная база. SMD-элементы. Дискретные элементы. Интегральные схемы. Устройства индикации и коммутации. Устройства функциональной электроники. Выбор и обоснование элементной базы с учетом условий эксплуатации.

Тема 7. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

Методы монтажа, применяемые в мировой практике. Виды монтажа.

Общие понятия, классификационные признаки и основные конструкторско-технологические разновидности печатных плат (ПП). Терминология.

Выбор материалов для ПП. Общие сведения о материалах для печатных плат. Фольгированные медью материалы для жестких печатных плат. Материал на основе бумаги, пропитанной диоксидной смолой. Стекломат, пропитанный полиэфирной смолой. Материал на основе стеклоткани, пропитанный эпоксидной смолой. Фольгированные материалы для гибких печатных плат. Полиэфирная пленка. Полиимидная пленка. Фторированная этиленпропиленовая пленка.

Варианты установки электрорадиоэлементов (ЭРЭ) на ПП. Компоновка элементов на ПП. Выбор соединителей. Разработка несущих конструкций для ПП.

Конструкторские чертежи ПП. Размеры. Обработка по контуру. Технологическая зона. Отверстия. Базы при нанесении размеров. Виды размеров. Способы нанесения размеров. Свободные и сопряженные размеры. Цепной и координатный методы нанесения размеров. Методы прецедентов, подобия и расчетный при оформлении конструкторской документации на печатные платы.

Назначение допусков на размеры при проектировании элементов ПП. Методы простановки допусков. Посадки. Виды посадок. Правила проводки проводников. Длина проводников. Штриховка проводников. Маркировка на ПП.

Типовые технические требования по ПП. Функциональные узлы (ФУ). Комплект конструкторских документов на ФУ. Конструкторские расчетные соотношения на ФУ с микросхемами (МС). ФУ общего и частного приме-

ния. Моносхемный, схемно-узловой, каскадно-узловой, функционально-узловой методы конструирования печатных плат.

Типовые технические требования на конструкцию сборочного печатного узла. Расчетные соотношения при конструировании печатных плат для расчета размеров элементов конструкции печатных плат. Электромагнитная совместимость в ПП. Причины возникновения проблемы. Пути решения проблемы. Виды помех. Влияние связей на работу элементов конструкции. Емкостные связи. Индуктивные связи. Расчет величины паразитных емкостей. Расчет величины индуктивностей. Помехи из-за рассогласования. Помехи из-за поверхностного эффекта.

Конструкторские основы обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС): экранирование (электростатические экраны, магнитостатическое экранирование, электромагнитное экранирование). Примеры конструкций экранов.

Подавление помех по цепям питания. Заземление. Новые платы тонкопроводного монтажа. Печатная плата с металлическими основаниями.

Особенности конструирования многослойных печатных плат (МПП). Задачи МПП. Материалы, перекрестные помехи в МПП. Методы получения МПП. Особенности оформления конструкторской документации по МПП.

Тема 8. КОМПОНОВКА ИЗДЕЛИЙ ЭМУС

Компоновочные критерии: по надежности, по тепловому режиму, по размещению, по технологичности, по технологичности и стоимости, критерий функционирования и т.д.

Классификация компоновок. Централизованные и децентрализованные компоновки систем. Многоблочные и одноблочные приборы. Секции, пульты, стойки (щитовые, шкафные). Конструктивная иерархия. Типовая структурная схема компоновки изделия на основе принципа «от общего к частному». Разработка пространственной структуры изделия. Выбор способа трассировки. Выбор конструктивных вариантов электрических и механических соединений модулей низшего уровня. Уточнение габаритных и посадочных размеров, модулей низшего уровня и определение размеров самого изделия. Разработка технического задания (ТЗ) на конструирование модулей низшего уровня.

Тема 9. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ, РЯДЫ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Определение ряда типоразмеров НК блоков. Электрические соединения в конструкциях ЭМУС. Типовые технологические требования для ЭМУС с объемным и печатным монтажом. Разработка сборочного чертежа (СБ) устройства.

Упрощения на СБ. Соединения на СБ устройств ЭМУС. Типовые технические требования на СБ, полученных сваркой. Спецификации к СБ. Детализация сборочного чертежа. Конструкторский анализ схемы электрической принципиальной. Эксплуатационные требования к конструкции ЭМУС. Выбор способа монтажа при конструировании ЭМУС. Типовые технические

требования к детали, полученной методом отливки. Типовые технические требования к чертежам деталей из заготовок. Типовые технические требования к деталям из профильной пластмассы.

Тема 10. КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭМУС

Структура несущих конструкций (НК) ЭМУС. Основные конструктивные уровни ЭМУС и соответствующие конструкции. Конструктивно-технологические требования к несущим конструкциям. Основные материалы несущих конструкций. Жесткость деталей НК. Прочность деталей несущих конструкций при переменных нагрузках. Устойчивость элементов несущих конструкций.

Конструирование деталей и узлов НК. Неразъемные соединения в НК. Разъемные соединения в несущих конструкциях. Компоновка конструктивных модулей первого уровня. Компоновка модулей второго уровня. Типовые несущие конструкции ЭМУС.

Допуски и посадки деталей ЭМУС. Взаимозаменяемость деталей и размерные цепи. Допуски и посадки гладких цилиндрических и плоских соединений. Отклонения формы и расположения поверхностей деталей.

Выбор допусков и посадок на типовые детали и соединения ЭМУС. Детали несущих конструкций. Платы, корпуса, крышки. Детали опор. Опоры качения и скольжения. Детали коммутационных устройств. Детали отсчетных устройств. Детали из керамики, пластмасс, резины. Детали из отливок цветных металлов и сплавов.

Тема 11. КОНСТРУИРОВАНИЕ БЛОКОВ И СТОЕК

Основные компоновочные схемы блоков и стоек, согласованные с моделями первого уровня. Элементы механического крепления, фиксации. Конструкции ЭМУС. Унификация и стандартизация несущих конструкций.

Тема 12. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНТАЖА

Общие сведения о проектировании электромонтажного чертежа устройства. Выбор и монтаж проводов, укладка и вязка жгутов. Монтаж навесных элементов. Обеспечение электрической прочности соединений.

Тема 13. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭМУС

Источники возникновения помех в ЭМУС. Электромагнитная обстановка.

Понятие о совместимости и экранировании. Влияние нежелательных электрических связей на работу элементов конструкции. Электростатическое экранирование. Магнитостатическое экранирование. Эффективность экранирования плоского экрана. Эффективность экранирования цилиндрического экрана. Эффективность экранирования сферического экрана. Развязывающие фильтры. Экранное заземление. Разновидности объемного монтажа, применяемые при разработке ЭМУС.

Источники возникновения помех в ЭМУС. 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. Оценка воздействия радиопомех мощных источников сигнала.

Электромагнитный импульс ядерного взрыва. Формирование электромагнитного излучения (ЭМИ) в случаях наземного и высотного ядерных взрывов и взрыва на малой высоте.

Раздел 3. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭМУС РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Тема 14. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭМУС РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Универсализация и специализация ЭМУС, влияние микроэлектроники.

Причины специализации ЭМУС, достоинства и недостатки специализированной ЭМУС.

Основные понятия об особенностях разработки конструкций ЭМУС различного назначения и принципа функционирования. Наземные, бортовые и носимые ЭМУС. Специфика конструирования цифровых, аналоговых, комбинированных узлов и блоков. Конструкции ЭМУС с использованием микропроцессоров и микроЭВМ. Мощные ЭМУС и источники вторичного электропитания.

Тема 15. НАЗЕМНАЯ АППАРАТУРА. НАЗЕМНАЯ ПЕРЕНОСНАЯ И СТАЦИОНАРНАЯ ЭМУС

Классификация наземной переносной и стационарной ЭМУС. Особенности переносной аппаратуры и ее отличие от стационарной. Требования к аппаратуре, работающей в отапливаемых наземных и подземных сооружениях; характеристика различных климатических зон. Анализ механо-климатических требований к наземной переносной и стационарной аппаратуре обеих групп.

Требования к помещениям, где размещается ЭМУС. Компонентные схемы наземной стационарной ЭМУС. Конструкции стоек, шкафов, блоков и субблоков. Обеспечение удобства и безопасной эксплуатации, обслуживания и ремонта. Выполнение требований антропометрии, эргономики и технической эстетики при размещении органов управления и индикации отдельных блоков.

Правила компоновки отдельных блоков в зависимости от их габаритов, массы тепловыделения. Конструирование пультов управления и отображения информации. Конструирование лицевых панелей. Требования к несущей конструкции. Конструктивные и монтажные соединения сборочных единиц.

Особенности компоновки сложных радиотехнических систем. Конструирование лабораторной и контрольно-измерительной аппаратуры.

Требования по точности, удобству эксплуатации, технической эстетике надежности, ремонтпригодности. Несущие конструкции. Стандартизация и

унификация приборов и измерительных стоек. Точностные характеристики. Перспективы развития.

Тема 16. КОНСТРУИРОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Методы получения диагностической информации. Биологический объект как объект исследования. Система методов медико-биологического исследования. Электрофизиологические и фотометрические методы, используемые при разработке средств медицинской электроники. Обобщенные структуры электрометрической аппаратуры.

Проектирование устройств сопряжения электрофизиологической аппаратуры с организмом. Проектирование устройств сопряжения фотометрических систем с организмом.

Тема 26. НАЗЕМНАЯ ПОДВИЖНАЯ ЭМУС

Раздел 4. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Тема 17. ИСТОЧНИКИ ПЕРВИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Классификация источников первичного электропитания (ИПЭ). Основные электрические параметры ИПЭ. Области использования различных ИПЭ.

Электрические сети и генераторы. Гальванические элементы и батареи. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи. Полупроводниковые элементы и батареи.

Обоснование и оценка выбора ИПЭ.

Тема 18. ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Классификация источников вторичного электропитания. Система электропитания и схема источников вторичного электропитания. Функциональные узлы источников электропитания.

Компоновка блоков электропитания. Конструирование шин электропитания. Пути комплексной миниатюризации источников питания. Конструктивные способы обеспечения тепловых режимов вторичных источников питания (ВИП).

Тема 19. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Дальнейшее развитие конструкций ЭМУС. Применение микропроцессоров и создание на их основе многофункциональных однородных по конструкции узлов. Конструкции ЭМУС, использующих принципы обработки, передачи и отображения информации на основе явлений оптоэлектроники и функциональной электроники. Обеспечение гибкости в проектировании и производстве при повышении степени интеграции микросхем. Дальнейшее развитие повышения уровня интеграции, новые решения (монтаж на поверхности, крупноформатные подложки, интеграция на целой пластине). Возрастание роли конструктора-технолога в развитии радиотехнических систем,

расширение комплексного многогранного применения вычислительной техники.

РАЗДЕЛ 5. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ (САПР).

Тема 20. НАЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ СТАДИЙ РАЗРАБОТКИ ЭМУС

Техническое задание на проектирование и постановку продукции на производство. Технические требования и ограничения. Требования к эксплуатационным, электрическим и конструкторским параметрам и характеристикам. Показатели качества конструкции: абсолютные, относительные, удельные и комплексные. Взаимосвязь конструкции радиоэлектронных устройств с определяющими факторами и тактико-техническими требованиями.

Стадии разработки конструкторской документации: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, разработка рабочей документации. Содержание стадий разработки.

Тема 21. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Виды изделий. Виды и комплектность конструкторских документов (КД). Обязательные чертежи рабочей документации. Схемы как КД. Виды и типы схем. Правила выполнения электрических схем. Текстовые КД. Система обозначения КД. Основные требования, предъявляемые к рабочим чертежам. Чертежи деталей. Сборочные чертежи и их содержание. Спецификация и порядок ее оформления. Нанесение размеров и предельных отклонений. Взаимозаменяемость и допуски. Краткие сведения о системе допусков и посадок. Шероховатость. Параметры шероховатости. Обозначения шероховатости на чертежах.

Технические требования и техническая характеристика.

Тема 22 МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ШТАМПОВАННЫХ ПРЕССОВАННЫХ И ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Методы конструирования штампованных деталей: технологичность деталей, получаемых штамповкой, специфика конструирования деталей, получаемых гибкой, технологичность деталей, получаемых вытяжкой, основные материалы для штампованных деталей.

Методы конструирования прессованных и литых деталей: усадка как типичная особенность прессованных и литых деталей, методика конструирования прессованных и литых деталей, конструирование деталей с отверстиями, конструирование армированных пластмассовых деталей.

Методы конструирования механических соединений: неразъемные соединения, разъемные соединения.

Тема 23. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЭМУС С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТОВ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Обзор программного обеспечения по моделированию тепловых процессов и электромагнитной совместимости ЭМУС.

Моделирование тепловых процессов в ЭМУС. Моделирование тепловых процессов в печатном узле. Математическое моделирование электрических и тепловых процессов радиоэлектронных устройств. Моделирование тепловых режимов конструкций различных блоков радиоэлектронных устройств средствами программного комплекса ТРиАНА. Анализ тепловых режимов радиоэлектронных средств в системе Mentor Graphics.

Система анализа целостности сигналов и электромагнитной совместимости с помощью программного комплекса Hot-Stage. Электромагнитное моделирование планарных MEMS структур с использованием программного пакета EM3DS. SpeedXP Suite – система анализа электромагнитной совместимости, целостности сигналов и перекрестных искажений на печатных платах и в корпусах интегральных микросхем.

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 постое-

янного 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. Об-

волакивание 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. Вли-

яние 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 «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 одиночных) 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.

ЛИТЕРАТУРА

Дисциплина «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ, УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ»

1. Алексеев, В.Ф. Принципы конструирования и автоматизации проектирования РЭС : учеб. пособие / В.Ф. Алексеев. – Мн.: БГУИР, 2003. – 197 с.
2. Жаднов, В.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств / В.В. Жаднов, А.В. Сарафанов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 464 с.
3. Кечиев, Л.Н. Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л.Н. Кечиев, Е.Д. Пожидаев. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2005. – 352 с.
4. Медведев, А.М. Сборка и монтаж электронных устройств / А. М. Медведев. – М.: Техносфера, 2007. – 256 с.
5. Медведев, А.М. Технология производства печатных плат / А.М. Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 430 с.
6. Моделирование радиоэлектронных средств с учетом внешних тепловых, механических и других воздействий с помощью системы АСОНИКА /
7. А.С. Шалумов [и др.]; под ред. проф. А.С. Шалумова. – Мн.: ВА РБ, 2014. – 373 с.
8. 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.
9. Кечиев, Л. Н. Защита электронных средств от воздействия статического электричества / Л.Н. Кечиев, Е.Д. Пожидаев. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2005. – 352 с.
10. Пирогова, Е.В. Проектирование и технология печатных плат: учебник / Е.В. Пирогова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.
11. Ланин, В.Л. Формирование токопроводящих контактных соединений в изделиях электроники / В.Л. Ланин, А.П. Достанко, Е.В. Телеш. – Мн.: Издат. центр БГУ, 2007. – 574 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.: Вышш. 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 «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

1. Алямкосский, 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. Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCad / С.В. Поршнева. – 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.