

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



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

С.К. Дик

14.02.2018

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

Минск 2018

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. и «Физические основы проектирования радиоэлектронных средств», утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 03.05.2016, регистрационный №ТД–I.1359/тип.

СОСТАВИТЕЛИ:

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

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

Д.В. Лихачевский – декан факультета компьютерного проектирования, канд.техн.наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»;

В.В. Хорошко – заведующий кафедрой проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», канд.техн.наук, доцент;

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

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

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол №16 от 12.02.2018)

Заведующий кафедрой ПИКС



В.В. Хорошко

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.

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, влажность, 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.

ЛИТЕРАТУРА

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. Галушкин, Н.Е. Решатель пакета моделирования технических процессов COMSOL : учеб.-метод, пособие / Н.Е. Галушкин, Н.Н. Язвинская, Д.Н. Галушкин – Шахты : ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2013. – 62 с.
5. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование / А.Л. Королев. - М.: БИНОМ. ЛЗ, 2013. – 230 с.

6. Красников, Г.Е. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics / Г.Е. Красников, О.В. Нагорнов, Н.В. Старостин – М.: НИЯУ «МИФИ», 2012. – 184 с.

7. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MatLab/Simulink – Учебное пособие/ В.В. Васильев, Л.А. Симаков, А.М. Рыбникова. – Киев, 2008. – 91 с.

8. Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCad / С.В. Поршнева. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2011. – 320 с.

9. Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с. : ил.

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

11. Торшина, И.П. Компьютерное моделирование оптико-электронных систем первичной обработки информации: Монография / И.П. Торшина. – М.: Унив. книга, 2009. – 248 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. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 2 : Исследование физических процессов в конструкциях РЭС : пособие / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, И. Н. Богатко. – Минск : БГУИР, 2017. – 74 с.

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

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

7. 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.

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

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Ненашев А.П. Конструирование радиоэлектронных средств: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов – М.: Высш. школа, 1990. – 432 с.

15. Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Сов. радио, 1976.

16. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования/ Под ред. Р.Г. Варламова. - М.: Сов. радио, 1980.