

Министерство образования РБ

**Учреждение образования «Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники»**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета заочного, вечернего и
дистанционного обучения

_____ **А.В. Ломако**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по учебной дисциплине **"Теоретические основы конструирования,
технологии и надежности"** для специальностей 39 02 01 – «Моделирование
и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» и 39 02 02 –
«Проектирование и производство радиоэлектронных средств»
заочной формы обучения

кафедра РЭС,
курс 3,
экзаменационная сессия – семестр 6,
лекций - 10 час,
лабораторные работы - 12 час,
практические занятия - 4 час,
курсовой проект – семестр 6,
экзамен - семестр 6,
самостоятельная работа – 136 час.
Всего часов – 162 час.

2006 год

Рабочая программа разработана на основании требований образовательного стандарта РД РБ 02100.5.105-98, введенного с 01.09.1999, и типовой учебной программы дисциплины «*Теоретические основы конструирования и технологии и надёжности*», утвержденной Учебно-методическим объединением вузов Республики Беларусь по образованию в области информатики и радиоэлектроники 03 июня 2003 г., регистрационный № ТД-39-032/тип.

Программу разработал

С.М. Боровиков

Одобрено кафедрой РЭС,
протокол № 1 от 31 августа 2006 г.

Зав. кафедрой РЭС

Н.С. Образцов

Одобрено методической
комиссией ФКП
протокол № 1 от 1 сентября 2006 г.

Секретарь комиссии

А.В. Станкевич

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина предусматривает изучение основных понятий и методов, используемых для расчетно-аналитического и экспериментального исследования конструкций, технологии и надежности радиоэлектронных устройств (РЭУ) в процессе их конструкторско-технологического проектирования.

Цель учебной дисциплины – помочь студентам осмыслить терминологию, основные понятия, приобрести, а в дальнейшем развить навыки применения указанных методов.

В результате освоения курса «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности» **студент должен знать:**

- вероятностные методы описания точности и стабильности параметров РЭС, технологических процессов;
- основы теории, методы планирования и обработки с применением ЭВМ результатов пассивного и активного факторных экспериментов;
- проблемы надежности, модели отказов элементов и РЭУ, методы расчета надежности с использованием ЭВМ;
- методы оптимизации, в том числе с применением ЭВМ;
- основы индивидуального прогнозирования технического состояния и надёжности элементов и РЭУ;
- виды и характеристики систем массового обслуживания в технологии РЭУ;
- принципы и алгоритмы имитационного (статистического) моделирования параметров конструкций и технологических процессов с использованием ЭВМ.

Пройдя подготовку по дисциплине, **студент должен уметь:**

- ❖ применять вероятностные методы для анализа точности и стабильности параметров РЭУ и технологических процессов;
- ❖ выполнять вероятностное описание параметров элементов и технологических процессов по результатам экспериментов;
- ❖ строить математические модели устройств и технологических процессов методами планирования факторных экспериментов;
- ❖ выполнять расчеты и оценку надежности проектируемых РЭУ, в том числе и при наличии резервирования;
- ❖ формулировать задачи оптимизации, выполнять их постановку и подготовку для решения математическими методами;
- ❖ моделировать конструкции и технологические процессы, рассматривая вероятностное рассеяние параметров;
- ❖ осуществить выбор метода индивидуального прогнозирования для оценки надёжности элементов и РЭУ.

Дисциплина базируется на знаниях и умениях, полученных студентами при изучении следующих дисциплин:

- "Высшая математика", в первую очередь, разделы по дифференциальному и интегральному анализам, численным методам;

- "Теория вероятностей и математическая статистика";
- "Физика";
- "Основы алгоритмизации и программирование";
- "Основы алгоритмизации и программирование".

Полученные знания будут использованы студентами во всех последующих конструкторских и технологических дисциплинах.

Программа рассчитана на объем 26 учебных часов аудиторных занятий. Распределение аудиторных занятий: лекции – 10 часов, лабораторные работы – 12 часов, практические занятия – 4 часа.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание учебных занятий

Введение

Конструкторско-технологическое проектирование как составная часть процесса создания РЭС. Место и значение прикладных математических методов в решении инженерных задач в конструировании, технологии и надежности РЭС. Содержание учебной дисциплины. Использование литературы и учебно-методических пособий. Рекомендации по изучению дисциплины.

[1, с. 5-6, 328-335]

Раздел 1. Общая характеристика параметров, системные методы в конструировании и технологии РЭС

Выходные и первичные параметры. Конструкторские параметры РЭС. Единичные и комплексные показатели качества РЭС. Модели комплексных показателей качества. Конструкция РЭС и технологический прогресс – как системы. Методы оценки уровня качества РЭС. Сущность и содержание системного подхода к проектированию конструкций и технологических процессов изготовления РЭС.

[1, с. 5-17]

Раздел 2. Вероятностное описание параметров в конструировании и технологии РЭС

Случайный характер параметров, вероятностное описание параметров. Средние значения и дисперсии (средние квадратические отклонения) параметров. Модели законов распределения параметров. Нормальная модель, правило трех сигм. Усеченная нормальная модель.

* Учебный материал, выделенный курсивом, рассматривается на аудиторных лекционных занятиях.

Характеристика некоторых других моделей законов распределения (равномерная модель, экспоненциальная модель, модель Вейбулла, логарифмически нормальная модель).

Пути вероятностного описания совокупности параметров. Многомерные и условные функции распределения. Зависимые и независимые параметры.

Корреляция параметров. Корреляционное поле (диаграмма разброса) параметров. Коэффициент линейной корреляции. Положительная и отрицательная корреляция.

Вероятностное описание зависимых параметров. Корреляционные матрицы. Пример корреляционной матрицы.

Экспериментальное определение вероятностного описания параметров. Основные задачи математической статистики. Оценки параметров и основные требования, предъявляемые к оценкам параметров. *Точечные и интервальные оценки количественных характеристик параметров: математических ожиданий и средних квадратических отклонений.* Определение точечных и интервальных оценок числовых характеристик параметров. Определение требуемого числа наблюдений параметров – планирование испытаний. *Получение оценок коэффициентов парной корреляции.*

Определение законов распределения параметров по опытным данным. Гистограмма и статистическая функция распределения. Роль числа наблюдений. Проверка статистических гипотез, критерии согласия. *Вероятностная бумага (сетка) и ее использование для принятия гипотез о законах распределения параметров.* Примеры.

Применение вероятностного описания параметров для решения инженерных задач. Рекомендации по использованию моделей законов распределения параметров. Применение моделей законов распределения параметров для решения инженерных задач.

[1, с. 18-55]

Раздел 3. Математические модели РЭУ и технологических процессов. Методы получения математических моделей

Характеристика моделей, используемых в конструкции и технологии РЭС (математические, физические, графические).

Понятия математических моделей, корреляционные поля зависимых параметров. *Регрессионные модели. Уравнение множественной регрессии. Линейные регрессионные модели.*

Метод наименьших квадратов как математический аппарат построения регрессионных моделей. Нахождение приближающих математических моделей в виде элементарных функций.

Способы получения математических моделей РЭУ, технологических процессов. *Пассивные и активные факторные эксперименты.*

Применение пассивного факторного эксперимента для получения математических моделей РЭУ и технологических процессов. Обработка результатов

эксперимента на ЭВМ. Использование прикладных программ. *Значимость коэффициентов уравнения регрессии. Оценка пригодности полученных моделей для практики.*

Получение математических моделей с помощью активных факторных экспериментов. Основные задачи математической теории планирования экспериментов. Основы теории планирования активных факторных экспериментов. Полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^k . Матрица планирования и ее свойства. Планирование ПФЭ и его выполнение. Параллельные опыты, принцип рандомизации опытов. Статистическая обработка результатов ПФЭ.

Дробный факторный эксперимент (ДФЭ). Планирование ДФЭ, выполнение опытов ДФЭ и обработка его результатов.

[1, с. 56-86]

Раздел 4. Анализ точности и стабильности выходных параметров РЭУ и технологических процессов

Серийнопригодность конструкций РЭУ и её количественная оценка. Процент выхода годных к эксплуатации устройств. *Системы (виды) допусков в конструировании и технологии РЭУ. Производственный, ремонтный и эксплуатационный допуски. Температурный допуск и допуск старения. Симметричные и несимметричные, двухсторонние и односторонние допуски. Характеристики, используемые для задания допуска. Точность и стабильность параметров. Описание точности и стабильности параметров элементов.*

Уравнение производственных погрешностей выходных параметров. Уравнения абсолютной и относительной производственных погрешностей. *Коэффициенты влияния первичных параметров. Методы анализа точности выходных параметров.* Количественные характеристики, используемые для оценки точности выходных параметров. Общая характеристика методов определения производственных допусков на выходные параметры. Определение производственного допуска, исходя из наихудшего случая рассеивания первичных параметров. Пример.

Анализ точности выходных параметров вероятностным методом – методом, учитывающим вероятностное рассеивание первичных параметров. Выбор критериев оценки точности выходных параметров при использовании вероятностного метода. Расчетные соотношения для оценки точности выходных параметров. Примеры анализа точности выходного параметра вероятностным методом.

Анализ точности выходных параметров методом Монте-Карло. Назначение и сущность метода. Использование математического и физического моделирования.

Анализ стабильности выходных параметров РЭУ и технологических процессов. Стабильность выходных параметров и принцип ее оценки, уравнение относительной погрешности выходного параметра с учетом действия эксплуатационных факторов. Определение температурных допусков и допусков старения, инженерные расчетные формулы.

Установление эксплуатационных допусков; факторы, принимаемые во внимание. Методика установления эксплуатационного допуска. Пример.

Способы определения коэффициентов влияния. Аналитические способы, примеры. Экспериментально-расчетный способ.

[1, с. 87-130]

Раздел 5. Основы теории надёжности. Методы оценки показателей надёжности РЭУ

Проблема надёжности РЭУ, ее возникновение и сущность. *Основные понятия и определения, используемые в теории и практике надёжности технических изделий.*

Отказы и их классификация. Причины отказов РЭУ.

Модели (схемы) соединения элементов в РЭУ с точки зрения надёжности.

Модели законов распределения времени до отказа (наработки до отказа), характеристика экспоненциальной модели и модели Вейбулла.

Показатели (критерии) надёжности элементов в РЭУ. Вероятность безотказной работы и вероятность отказов. Функция надёжности. *Экспоненциальный закон надёжности. Интенсивность отказов, типичная λ – характеристика РЭУ. Средняя наработка на отказ. Среднее время безотказной работы. Среднее время восстановления и вероятность восстановления. Эксплуатационные коэффициенты надёжности.*

Надёжность элементов РЭС. *Интенсивность отказов как основная справочная характеристика надёжности элементов. Определение интенсивности отказов по результатам испытаний. Коэффициенты электрической нагрузки элементов. Определение коэффициентов электрической нагрузки типовых элементов РЭУ. Краткая характеристика надёжности элементов РЭУ. Учет влияния на надёжность элементов электрического режима и условий работы.*

Оценка показателей надёжности проектируемых РЭУ. Основные расчетные соотношения для вероятности безотказной работы и среднего времени восстановления. Ориентировочный расчет показателей надёжности РЭУ. Расчёт показателей надёжности с учетом коэффициентов электрической нагрузки и условий эксплуатации элементов в составе устройств. Примеры оценки показателей надёжности проектируемого РЭУ.

Расчет показателей надёжности РЭУ при разных законах распределения времени до отказа элементов. Параметрическая надёжность РЭУ. Постепенные отказы и причины, обуславливающие их появление. Принципы оценки уровня параметрической надёжности РЭУ. *Методы повышения надёжности РЭУ. Эксплуатационная надёжность РЭУ.*

Резервирование как метод повышения надёжности РЭУ. *Виды резервирования. Кратность резерва. Характеристика постоянного резервирования. Оценка показателей безотказности РЭУ при наличии постоянного резервирования. Пример. Характеристика резервирования замещением. Ненагруженный,*

облегченный и нагруженный резервы. Оценка безотказности РЭУ при наличии резервирования замещением.

[1, с. 131-207, 307-316]

Раздел 6. Прогнозирование технического состояния РЭС

Понятие прогнозирования и его классификация. Групповое и индивидуальное прогнозирование надёжности элементов и РЭУ. *Характеристика индивидуального прогнозирования с использованием методов экстраполяции. Шаг прогнозирования, модель прогнозирования. Обратное прогнозирование.* Приёмы решения задач индивидуального прогнозирования с использованием методов экстраполяции.

Общая характеристика индивидуального прогнозирования распознаванием образов. Информативные параметры, прогнозирующее правило, решающая функция, порог разделения классов. Характеристики ошибок прогнозирования в методах индивидуального прогнозирования распознаванием образов.

Этапы решения задач индивидуального прогнозирования распознаванием образов. Обучающий эксперимент и обучение. Экзамен, выбор порога разделения классов. Оценка вероятности принятия правильных решений и вероятности ошибочных решений. Прогнозирование однотипных изделий, не участвующих в обучающем эксперименте.

Методы построения прогнозирующих правил. Общая характеристика методов. Пример иллюстрации построения прогнозирующего правила.

Некоторые рекомендации по выбору информативных параметров (признаков) для элементов РЭУ.

[1, с. 212-227, 231-234]

Раздел 7. Задачи оптимизации в конструировании и технологии радиоэлектронных устройств

Понятие задач оптимизации. Целевая функция и оптимизируемые параметры. Ограничения, накладываемые на конструкторско-технологические параметры.

Общий порядок решения задач оптимизации. Способы построения целевой функции, метод главного критерия. Краткая характеристика математических методов решения задач оптимизации.

Решение задач оптимизации методом динамического программирования.

Алгоритм оптимизации методом случайного поиска и его реализация на ЭВМ.

Примеры решения задач оптимизации.
[1, с. 235-254]

Раздел 8. Системы массового обслуживания в технологии РЭУ

Понятие и характеристики систем массового обслуживания (СМО). Абсолютная и относительная пропускные способности. Потоки событий (заявок) и их математическое описание.

Виды СМО в технологии РЭУ. СМО с отказом (в обслуживании), СМО с ожиданием, СМО смешанного типа.

Математическое описание СМО с отказом.

Математическое описание "чистой" СМО с ожиданием.

Математическое описание СМО смешанного типа с ограничением длины очереди. Примеры решения прикладных задач.

[1, с. 255-263]

Раздел 9. Статистическое моделирование параметров конструкций и технологических процессов

Понятие имитационного (статистического) моделирования и его роль в конструировании и технологии РЭУ. Моделирование случайных параметров. Моделирование случайных чисел с нормальным распределением. Методы получения случайных чисел с любым законом распределения.

Моделирование дискретных случайных величин. Моделирование случайных чисел с биномиальным распределением и распределением Пуассона.

Моделирование коррелированных случайных параметров с нормальными распределениями. Получение коррелированных случайных параметров с любыми законами распределения.

Метод Монте-Карло как метод имитационного вероятностного моделирования. Реализация метода на ЭВМ, структурная схема алгоритма, выбор числа реализаций смоделированного процесса (объекта). Точность метода.

Принципы и алгоритмы моделирования РЭУ.

Перспективы использования в конструировании и технологии РЭУ прикладных математических методов.

[1, с. 264-295]

2.2. Перечень лабораторных работ [16]

1. Исследование с использованием ЭВМ вероятностного описания зависимых параметров РЭУ (получение путем экспериментальных исследований вероятностного описания зависимых элементов РЭС: пассивный эксперимент, обработка результатов эксперимента на ЭВМ, построение гистограмм, проверка гипотез, принятие решений, 4 часа).

2. Построение математических моделей радиоэлектронных устройств методами теории планирования эксперимента с использованием полного факторного эксперимента (планирование полного факторного эксперимента, выполнение опытов активного эксперимента, статистическая обработка на ЭВМ результатов опытов, проверка статистической значимости коэффициентов математической модели, уточнение конечного вида математической модели РЭУ, проверка пригодности модели для практики, 4 часа).

3. Исследование отклонений выходного параметра радиоэлектронного устройства методом Монте-Карло с использованием физического моделирования (подготовка данных для физического моделирования РЭУ, имитация производственных отклонений параметров элементов с использованием физической модели РЭУ, регистрация выходного параметра, статистическая обработка результатов моделирования на ЭВМ, установление значения производственного допуска, 4 часа).

Резервные лабораторные работы:

1. Исследование надежности РЭУ моделированием на ЭВМ отказов элементов (выбор условий моделирования, моделирование отказов элементов, обработка результатов моделирования на ЭВМ, физическая интерпретация полученных результатов, 5 часов).

2. Исследование моделированием на ЭВМ процесса функционирования системы массового обслуживания (выбор вида СМО, ввод в ЭВМ условий моделирования, моделирование на ЭВМ процесса функционирования СМО, обработка результатов моделирования, физическая интерпретация результатов, 4 часа).

2.3. Перечень тем курсовых проектов [17]

Цель курсового проектирования:

- формирование навыков применения прикладных математических (теоретических) методов для решения задач, связанных с аналитическим и экспериментальным исследованием конструкций, технологии и надёжности РЭУ;
- совершенствование приёмов формулировки инженерно-технических задач в виде, пригодном для их дальнейшего математического решения;
- развитие умений алгоритмизации, программирования и решения инженерно-технических задач с помощью ЭВМ.

Темы курсовых проектов, предлагаемые студентам;

1. Оценка точности выходного параметра конструкции РЭУ (или технологического процесса) методом Монте-Карло с использованием математического моделирования.

2. Оценка вероятностным методом точности и стабильности выходных параметров конструкций РЭС (или технологического процесса) и установление на основе этого эксплуатационного допуска.

3. Сравнительная оценка точности выходного параметра, полученной по методу Монте-Карло и аналитическим вероятностным методом.

4. Оценка стабильности выходного параметра радиоэлектронного устройства (или технологического процесса) и установление на основе этого температурного допуска и допуска старения.

5. Обеспечение требований к точности выходного параметра РЭУ (или технологического процесса).

6. Обеспечение требований к стабильности выходного параметра РЭУ.

7. Расчет показателей безотказности РЭУ с учетом внезапных отказов.

8. Расчет показателей безотказности РЭУ при разных законах распределения времени до отказа элементов.

9. Расчет показателей безотказности РЭУ с учетом постепенных отказов.

10. Расчет показателей безотказности РЭУ с учетом внезапных и постепенных отказов.

11. Расчет показателей безотказности РЭУ при наличии постоянного резервирования (или резервирования замещением).

12. Расчет показателей безотказности РЭС при наличии постоянного резервирования и резервирования замещением.

13. Расчет показателей безотказности РЭУ при наличии постоянного резервирования со смешанным способом включения резервных элементов.

14. Индивидуальное прогнозирование функционального параметра РЭУ с использованием метода экстраполяции.

15. Поиск информативных параметров для индивидуального прогнозирования надёжности элементов РЭУ методом распознавания образов.

16. Индивидуальное прогнозирование надёжности элементов РЭУ методом распознавания образов.

17. Оптимизация конструкторского или технологического решения РЭУ методом динамического программирования.

18. Сравнение результатов оптимизации конструкторского решения РЭУ, полученных методами динамического программирования и случайного поиска на ЭВМ.

19. Оценка показателей безотказности РЭУ (без резервирования или при его наличии, с указанием вида и особенностей резервирования) моделированием на ЭВМ отказов элементов.

20. Оценка основных характеристик системы массового обслуживания (с указанием вида и её особенностей) моделированием на ЭВМ процессов поступления и обслуживания заявок.

Студентам могут быть предложены и другие темы курсовых проектов с учётом характера их работы на предприятии или в организации.

Отчетными документами по курсовому проектированию являются пояснительная записка и графический материал. С требованиями к их содержанию и правилами оформления можно ознакомиться в работе [15, 17].

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Основная литература

1. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности: Учебник для вузов .- Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
2. Боровиков С.М., Погребняков А.В. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности. Сборник задач: Учеб. пособие для вузов. – Мн.: БГУИР, 2001.-125 с.
3. Яншин. А.А. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности ЭВА: Учебное пособие для втузов. – М: Радио и связь, 1983.
4. Кофанов Ю.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭС: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1991.

3.2. Дополнительная литература

5. Фомин А.В., Борисов В.Ф., Чермошенский В.В. Допуски в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Сов. радио, 1973. –129 с.
6. Широков А.М. Надежность радиоэлектронных устройств: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1972. – 272 с.
7. Львович Я.Е., Фролов В.Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭА: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1986. – 192 с.
8. Фролов А.Д. Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Сов. радио, 1970.
9. Зажигаев Л.С. и др. и др. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. – М.: Атомиздат, 1978. – 232 с.
10. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 т. Т.2. Математические методы в теории надежности и эффективности / под редакцией В.Б. Гнеденко. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.
11. Адлер Ю.П., Марков Ю.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. –279 с.
12. Пшеничный Б.Н., Данилин Ю.М. Численные методы в экстремальных задачах. – М.: Наука, 1975.
13. Боровиков С.М. Надёжность радиоэлектронных устройств: Учебное пособие для студентов радиоэлектронных специальностей. – Мн.: БГУИР, 1997.
14. Боровиков С.М., Стасюк Д.М. Статистическое моделирование параметров конструкций и технологических процессов. Учебное пособие для студентов радиоэлектронных специальностей. – Мн.: БГУИР, 1997.

3.3. Учебно-методические пособия

15. Боровиков С.М. Методическое пособие по учебным дисциплинам «Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности» и «Инженерное обеспечение надёжности РЭС» для студентов специальностей «Проектирование и производство РЭС» и «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» всех форм обучения. - Мн.: БГУИР, 2003. – 60 с.

16. Боровиков С.М., Альферович Н.В., Малышева Т.В. Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности: Лабораторный практикум для студентов специальностей «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и «Проектирование и производство РЭС» / Под общ. ред. С.М. Боровикова. – Мн.: БГУИР, 2005. – 72 с.

17. Боровиков С.М., Колбун В.С., Малышева Т.В. Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности: Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию для студентов специальностей «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и «Проектирование и производство РЭС» / Под ред. С.М. Боровикова. – Мн.: БГУИР, 2004. – 55 с.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Макеты к лабораторной работе №1 (4 макета).
2. Макеты к лабораторным работам №2 и №3 (6 макетов).
3. Макеты к лабораторной работе №4 (2 макета).
4. Персональные ЭВМ (8 единиц).
5. Стандартная контрольно-измерительная аппаратура:
 - а) генераторы звуковых сигналов;
 - б) осциллографы;
 - в) цифровые вольтметры.
6. Учебные телевизионные комплексы АТК (могут использоваться при чтении лекций).