

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
В.А. Небольсин
«31» августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Методы и устройства испытаний РЭС»

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года /4 года 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021 г.

Автор программы

А.В. Башкиров

Заведующий кафедрой
конструирования и
производства
радиоаппаратуры

А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП

А.А. Пирогов

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины: приобретение знаний о порядке подготовки, проведении и анализе результатов испытаний РЭС и о применяемом современном испытательном и контрольно-измерительном оборудовании; формирование навыков по планированию, проведению и анализу результатов испытаний РЭС с целью оценки их качества в процессе проектирования и изготовления в соответствии с предъявляемыми требованиями.

1.2 Задачи освоения дисциплины: освоение методологии и приобретение знаний методов и навыков для проведения испытаний РЭС, изучение назначения и принципов действия основных методов испытания РЭС, приобретение навыков испытаний РЭС с применением современных методов прогнозирования результатов испытаний. Получение навыков испытания РЭС с использованием стандартизации и элементов оригинальных разработок. Практическое освоение методик испытаний сложных электронных средств при одновременном воздействии механических и климатических факторов, воздействий электрических, магнитных и электромагнитных полей с учетом технологичности и экономичности. Приобретение навыков, необходимых для оформления расчетно-конструкторской документации согласно ЕСТП, ЕСКД, ОСТП и ГОСТ.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы и устройства испытаний РЭС» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 учебного плана.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы и устройства испытаний РЭС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен выполнять проектирование радиоэлектронных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

ПК-3 - Способен разрабатывать программы и методики испытаний радиоэлектронных устройств

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать технологические аспекты производства и способы испытаний устройств и оборудования
	уметь калибровать, поверять и подготавливать оборудование для необходимого этапа производства
	владеть методиками технологического производства изделий, а также способами диагностирования дефектов
ПК-3	знать методики проведения испытаний на внешние и внутренние воздействия РЭС

	уметь проводить испытания разных видов для определения работоспособности и безотказности устройств
	владеть методами оценки необходимости и обоснованности проведения испытаний радиоэлектронных устройств

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Методы и устройства испытаний РЭС» составляет 7 зачётных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий .

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	126	126
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	72	72
Самостоятельная работа	90	90
Курсовой проект	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	36	36
Общая трудоемкость	час	252
	зач. ед.	7

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	20	20
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	223	223
Курсовой проект	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – экзамен	9	9
Общая трудоемкость	час	252
	зач. ед.	7

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Пр. зан	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы теории испытаний. Внутренние и внешние факторы воздействия на ЭС, контроль и испытание	Цель и задачи курса. Основные понятия и определения. Внутренние факторы – процессы старения и износа последствия выделения тепловой энергии электроэлементов, вибрации при работе электрических моторов. Внешние воздействующие факторы: действие окружающей среды (радиация, влажность, удары, вибрация) Контроль приборов-измерение параметров при нормальных условиях эксплуатации. Испытание проборов - измерение параметров при одновременном воздействии внешних факторов	6	4	12	15	37
2	Контроль и испытания РЭС .Испытания на механические воздействия.	Проведение испытаний на воздействие вибраций Первая группа-операции измерения параметров испытательного режима. Вторая группа-измерение параметров испытуемого изделия. Третья группа-сбор и обработка результатов измерений испытуемого изделия. Определение резонансных частот. испытания на вибропрочность и виброустойчивость. Виды вибростендов. Структурные схемы виброустановок.. Испытания на воздействия ударов. Модель системы испытаний на вибрацию и удар. Виды ударных стендов. Структурные схемы систем управления механическими испытаниями. Автоматизированный участок механических испытаний РЭС. Центр испытаний и развитие сети испытательных станций-основа успеха в повышении качества РЭС.	6	4	12	15	37
3	Испытания на климатические воздействия. Техническое обеспечение испытаний	Классификация климатических испытательных камер и их классификация. Испытания на повышенные и пониженные температуры. Термодатчики. Испытания на воздействия солнечного излучения. Испытания на воздействия соляного тумана. Испытания на воздействие пыли. Испытательная камера на воздействие пыли	6	4	12	15	37
4	Испытание на биологическое, химическое и технологическое воздействия..	В процессе функционирования РЭС подвергается воздействию плесневых грибков, ржавчины, что приводит как правило к отказу радиоэлектронных средств. В связи с этим проводятся испытания для оценки устойчивости РЭС на отмеченные воздействия. При проведении испытаний на биологическое воздействие определяется состав спор	6	2	12	15	35
5	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения.	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения. Виды ионизирующего излучения. Цели определительных и контрольных испытаний на показатели надежности.	6	2	12	15	35
6	Испытания на надежность, безотказность и ремонтнопригодность	Цели определительных и контрольных испытаний на показатели надежности. Контрольные испытания на надежность(испытания на безотказность, на ремонтнопригодность, на сохраняемость, на долговечность).	6	2	12	15	35
Итого			36	18	72	90	216

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц		Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы теории испытаний. Внутренние и внешние факторы воздействия на ЭС, контроль и испытание	Цель и задачи курса. Основные понятия и определения. Внутренние факторы – процессы старения и износа последствия выделения тепловой энергии электроэлементов, вибрации при работе электрических моторов. Внешние воздействующие факторы: действие окружающей среды (радиация, влажность, удары, вибрация..) Контроль приборов-измерение параметров при нормальных условиях эксплуатации. Испытание проборов - измерение параметров при одновременном воздействии внешних факторов	2	1	2	27	32
2	Контроль и испытания РЭС .Испытания на механические воздействия.	Проведение испытаний на воздействие вибраций Первая группа-операции измерения параметров испытательного режима. Вторая группа-измерение параметров испытуемого изделия. Третья группа-сбор и обработка результатов измерений испытуемого изделия. Определение резонансных частот. Испытания на вибропрочность и виброустойчивость. Виды вибростендов. Структурные схемы виброустановок.. Испытания на воздействия ударов. Модель системы испытаний на вибрацию и удар. Виды ударных стендов. Структурные схемы систем управления механическими испытаниями. Автоматизированный участок механических испытаний РЭС. Центр испытаний и развитие сети испытательных станций-основа успеха в повышении качества РЭС.	2	1	2	27	32
3	Испытания на климатические воздействия. Техническое обеспечение испытаний	Классификация климатических испытательных камер и их классификация. Испытания на повышенные и пониженные температуры. Термодатчики. Испытания на воздействия солнечного излучения. Испытания на воздействия соляного тумана. Испытания на воздействие пыли. Испытательная камера на воздействие пыли	2	0,5	2	27	31,5
4	Испытание на биологическое, химическое и технологическое воздействия..	В процессе функционирования РЭС подвергается воздействию плесневых грибов, ржавчины, что приводит как правило к отказу радиоэлектронных средств. В связи с этим проводятся испытания для оценки устойчивости РЭС на отмеченные воздействия. При проведении испытаний на биологическое воздействие определяется состав спор	1	0,5	1	26	28,5
5	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения.	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения. Виды ионизирующего излучения. Цели определительных и контрольных испытаний на показатели надежности.	0,5	0,5	0,5	26	27,5
6	Испытания на надежность, безотказность и ремонтнопригодность	Цели определительных и контрольных испытаний на показатели надежности. Контрольные испытания на надежность(испытания на безотказность, на ремонтнопригодность, на сохраняемость, на долговечность).	0,5	0,5	0,5	26	27,5
Итого			8	4	8	223	243

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Применение программного комплекса PRO | ENGINEER для анализа механических и тепловых нагрузок приборов;
2. Методы испытаний РЭС на механическую устойчивость;

3. Испытания на безотказность;
4. Расчет надежности радио электронных средств на ЭВМ;
5. Расчет теплового режима радиоэлектронных средств на ЭВМ;
6. Расчет механических воздействий блоков РЭС на ЭВМ;
7. Изучение конструкции стенда для испытаний РЭС на воздействия тепла, влаги и холода;
8. Испытание РЭС на удар;
9. Граничные испытания РЭС;
10. Матричные испытания РЭС.

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 3 семестре для очной и в 6 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Разработка методов и средств испытаний носимой КВ радиостанции на прочность при ударе».

Темой курсового проекта может являться разработка методов защиты конструкции наземного, бортового или морского радиоэлектронного устройства различного функционального назначения и задачи, связанные с оптимизацией в области конструирования электронных средств. Курсовые проекты исследовательского профиля связаны с теоретическими и экспериментальными исследованиями в области защиты конструкций радио электронных средств от внешних воздействий

Курсовой проект должен соответствовать следующим *требованиям*:

- быть выполненной на достаточном теоретическом уровне; включать анализ не только теоретического, но и эмпирического материала; основываться на результатах самостоятельного исследования, если этого требует тема; иметь обязательные самостоятельные выводы после каждой главы и в заключении работы; иметь необходимый объем;
- быть оформленной по стандарту и выполненной в указанные сроки

Работа над темой состоит из трех этапов: подготовительного, рабочего и заключительного.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;
«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать технологические аспекты производства и способы испытаний устройств и оборудования	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь калибровать, поверять и подготавливать оборудование для необходимого этапа производства	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методиками технологического производства изделий, а также способами диагностирования дефектов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать методики проведения испытаний на внешние и внутренние воздействия РЭС	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить испытания разных видов для определения работоспособности и безотказности устройств	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами оценки необходимости и обоснованности проведения испытаний радиоэлектронных устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения и в 6 семестре для заочной формы обучения по системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	знать технологические аспекты	Тест	Выполнение	Выполнение	Выполнение	В тесте ме-

	производства и способы испытаний устройств и оборудования		теста на 90-100%	теста на 80-90%	теста на 70-80%	нее 70% правильных ответов
	уметь калибровать, поверять и подготавливать оборудование для необходимого этапа производства	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методиками технологического производства изделий, а также способами диагностирования дефектов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать методики проведения испытаний на внешние и внутренние воздействия РЭС	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить испытания разных видов для определения работоспособности и безотказности устройств	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами оценки необходимости и обоснованности проведения испытаний радиоэлектронных устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Для чего необходима систематизация факторов, влияющих на работу РЭС?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) чтобы наиболее эффективно организовать моделирование;
- б) для контроля над качеством конструкций РЭС;
- в) для выявления ошибок при проектировании;

г) чтобы наиболее эффективно организовать процесс проектирования при определенном уровне знаний о нем

2. К чему приводит наличие влажности на поверхности полупроводниковых приборов?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) к электрохимической и химической коррозии;
- б) к накоплению зарядов в полупроводнике под влиянием поверхностных ионов;
- в) к увеличению диэлектрической проницаемости;
- г) к потере и утечке в диэлектриках.

3. Назовите материал с высокими демпферными характеристиками:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) фетр;
- б) резина;
- в) эпоксидная смола;
- г) керамика.

4 Назовите металл с самой высокой коррозионной стойкостью:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) медь (Cu);
- б) железо (Fe);
- в) алюминий (Al);
- г) свинец (Pb).

5. Показатели приборов:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) транспортно-заготовительные;
- б) конструктивные;
- в) технологические;
- г) инновационные
- д) экономические;
- е) эксплуатационные

6. Влияние влаги на РЭС приводит к изменению свойств материалов элементов Г конструкции S, в свою очередь приводящие к изменению:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) свойств самих элементов Г, а затем - систем S;
- б) свойств системы S, а затем элементов Г;
- в) повышению расходов на эксплуатацию;
- г) все ответы неправильные.

7. Места установки приборов, характеризующиеся наименьшим коэффициентом влияния на надежность.

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) лабораторные благоустроенные помещения и мощная ракета;
- б) лабораторные благоустроенные помещения и самолет;
- в) стационарные наземные помещения и мощная ракета;
- г) защищенные отсеки кораблей и управляемый снаряд.

8. Что представляет собой контроль РЭС ?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) измерение параметров радиоэлектронной аппаратуры при нормальных условиях;

б) это измерение параметров радиоэлектронной аппаратуры при механических воздействиях;

в) это измерение параметров радиоэлектронной аппаратуры при климатических воздействиях;

9. Какие основные требования, предъявляют к ЭРС при вибрационных воздействиях.

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) устойчивость к вибрации;

б) устойчивость к температурным перепадам;

в) устойчивость к радиации;

г) устойчивость к низким температурам

10. Какие факторы влияют на процесс испытания РЭС и определяют результат ?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

а) системные и условия эксплуатации;

б) факторы окружающей среды;

в) человеческие факторы;

г) все перечисленные факторы.

11. Радиоэлектронное средство состоит из трех модулей, с интенсивностями отказов: $\lambda_1=10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda_2=10^{-5} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda_3=10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Второй модуль проработал исправно 100 часов, а третий 200 часов. Первый модуль работал исправно 300 часов. Требуется найти вероятность безотказной работы всего радиоэлектронного средства за 300 часов работы.

Варианты ответа:

а) 0,967;

б) 0,972;

в) 0,981;

г) 0,985;

д) 0,992.

12. Известно, что вероятность исправной работы ЭС на интервале времени от 100 до 200 часов составила 0,98. Число испытываемых изделий $N_0=1000$ шт., число отказов в указанном интервале – 5. Требуется найти число ЭС исправных к моменту 100 и 200 часов.

Варианты ответа:

а) 220 и 215;

б) 225 и 235;

в) 230 и 240;

г) 240 и 240;

д) 250 и 245.

13. В каких единицах измеряется надежность РЭС ?

а) в амперах;

- б) безразмерная величина,;
- в) в пикафорадах;
- г) в процентах;
- д) в децибелах

14. Под механическим колебанием элементов аппаратуры или конструкции в целом понимается:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) перегрузка;
- б) вибрация;
- в) тряска;
- г) толчки.

15. Вибрацию свыше 140 дБ считают:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) полигармонической вибрацией;
- б) линейным ускорением;
- в) гармонической вибрацией;
- г) акустическим шумом.

16. Что характеризует вибропрочность прибора ?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) устойчивость параметров работы РЭС;
- б) устойчивость конструкции РЭС;
- в) последовательный выход из строя блоков РЭС;
- г) все варианты правильные.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Назовите материал с самой высокой радиационной стойкостью:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) полиэтилен;
- б) слюда;
- в) эпоксидная смола;
- г) фторопласт.

2. Назовите материал с высокими демпферными характеристиками:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) фетр;
- б) резина;
- в) эпоксидная смола;
- г) керамика.

3. Назовите металл с самой высокой коррозионной стойкостью:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) медь (Cu);
- б) железо (Fe);
- в) алюминий (Al);

г) свинец (Pb).

4. Защиты конструкции с перфорированными оболочками приводит к:
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) повышению теплообмена по сравнению с монолитными;
- б) перегреву РЭ изделия;
- в) все ответы правильные;
- г) значительному уменьшению геометрических размеров конструкции.

5. Влияние влаги на РЭС приводит к изменению свойств материалов элементов Г конструкции S, в свою очередь приводящие к изменению:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) свойств самих элементов Г, а затем - систем S;
- б) свойств системы S, а затем элементов Г;
- в) повышению расходов на эксплуатацию;
- г) все ответы неправильные.

6. Нормальными климатическими условиями принято считать температуру...

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) от $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- б) от $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $45\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- в) от $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- г) от $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7. К чему приводит наличие влажности на поверхности полупроводниковых приборов?

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) к электрохимической и химической коррозии;
- б) к накоплению зарядов в полупроводнике под влиянием поверхностных ионов;
- в) к увеличению диэлектрической проницаемости;
- г) к потере и утечке в диэлектриках.

8. Виброчастотная характеристика объекта позволяет:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) определить собственную частоту;
- б) определить коэффициент передачи колебаний;
- в) при известном диапазоне внешних воздействий - определить защищенность объекта и предложить способ повышения защищенности;
- г) все ответы не полные.

9. Нормальными условиями принято считать

- а) $p=101325\text{ Па}$, $T=273,15\text{ К}$

- б) $p=760$ мм.рт.ст, $t=0$ °C
- в) $p=101325$ Па, $t=20$ °C
- г) $p=101,325$ Па, $T=273,15$ К

10. Вибрацию свыше 140 дБ считают:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) полигармонической вибрацией;
- б) линейным ускорением;
- в) гармонической вибрацией;
- г) акустическим шумом.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В процессе приработки электронных средств из 120 штук вышло из строя 10. Требуется вычислить вероятность исправной работы и вероятность отказа ЭС на начальном этапе эксплуатации.

Варианты ответа:

- а) 0,68 и 0,02;
- б) 0,72 и 0,04;
- в) 0,76 и 0,05;
- г) 0,82 и 0,07;
- д) 0,92 и 0,08.

2. Известно, что вероятность исправной работы ЭС на интервале времени от 100 до 200 часов составила 0,98. Число испытываемых изделий

$N_o = 1000$ шт., число отказов в указанном интервале – 5. Требуется найти

число ЭС, исправных к моменту 100 и 200 часов.

Варианты ответа:

- а) 220 и 215;
- б) 225 и 235;
- в) 230 и 240;
- г) 240 и 240;
- д) 250 и 245.

3. Интенсивность отказов радиоэлектронных компонентов зависит от времени и выражается функцией ожидаемой интенсивности отказа $\lambda(t) = \frac{k^2 t}{1+kt}$. Требуется найти зависимость от времени вероятности безотказной работы за 100 часов, если $k = 210^{-4} \text{ч}^{-1}$.

Варианты ответа:

- а) 0,975;
- б) 0,897;
- в) 0,998;
- г) 0,796;

д) 0,97

4. Время восстановления ЭС равно 5 часам при вероятности безотказной работы 0,9 и времени выполнения задания $P(t_3) = 0,81$. Требуется рассчитать: время работы; коэффициент готовности; время наработки на отказ.

Варианты ответа:

- а) 32 часа; 0,485; 10,3 часа;
- б) 47 часов; 0,562; 12 часов;
- в) 64 часа; 0,729; 13,5 часов;
- г) 72 часа; 0,853; 15,5 часов;
- д) 82 часа; 0,922; 17,5 часов

5. Радиоэлектронная система состоит из пяти резервных блоков. Вероятность отказа каждого из блоков за время t равна 0,25. Требуется определить вероятность того, что за время t будет исправен хотя бы один блок; откажут все пять блоков.

Варианты ответа:

- а) 0,011; 0,002;
- б) 0,013; 0,011;
- в) 0,012; 0,001;
- г) 0,015; 0,022;
- д) 0,015; 0,001.

6. Радиоэлектронное средство состоит из трёх модулей, с интенсивностями отказов: $\lambda_1 = 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda_2 = 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$; $\lambda_3 = 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$. Второй модуль проработал исправно 100 часов, а третий 200 часов. Первый модуль работал исправно 300 часов. Требуется найти вероятность безотказной работы всего радиоэлектронного средства на 300 часов работы.

Варианты ответа:

- а) 0,967;
- б) 0,972;
- в) 0,981;
- г) 0,985;
- д) 0,992.

7. Амперметр с пределами измерений I_n показывает I_x . Погрешность от подключения амперметра в цепь Δ_s . Среднее квадратическое отклонение показаний прибора δ_I . Требуется рассчитать доверительный интервал для истинного значения измеряемой силы тока цепи с вероятностью $P = 0,9544 (t_p = 2)$. Исходные данные: $I_p = 10 \text{ А}$, $I_n = 9 \text{ А}$, $\Delta_s = +0,4 \text{ А}$, $\delta_I = 0,4 \text{ А}$.

Варианты ответа:

- а) [6,2; 7,8];
- б) [6,9; 8,3];
- в) [7,8; 9,4];
- г) [8,4; 8,9];

д) [9,0; 9,9].

8. Определите потери в свободном пространстве сигнала с частотой 30 ГГц при распространении на расстояние 1 км в размах и дБ.

Варианты ответа:

- а) $1,12 \cdot 10^{10}$ раз и 251,1 дБ;
- б) $1,58 \cdot 10^{12}$ раз и 121,98 дБ;
- в) $1,22 \cdot 10^9$ раз и 96,33 дБ;
- г) $1,22 \cdot 10^{14}$ раз и 144,11 дБ;
- д) $1,58 \cdot 10^{12}$ раз и 121,98 дБ.

9. Требуется изолировать плоскую поверхность таким образом, чтобы потеря тепла с единицы поверхности в единицу времени была не больше 450 Вт/м^2 . Под изоляцией температура поверхности 450°C , а температура внешней поверхности теплоизоляции 50°C . Требуется определить толщину изоляции если: а) изоляция сделана из совелита ($\lambda=0,09+0,0000872 \cdot t \text{ Вт/(м.К)}$); б) изоляция сделана из асботермита ($\lambda=0,109+0,000146 \cdot t \text{ Вт/(м.К)}$).

Варианты ответа:

- а) $\delta_1=0,0994 \text{ м}$; $\delta_2=0,129 \text{ м}$;
- б) $\delta_1=0,0788 \text{ м}$; $\delta_2=0,11 \text{ м}$;
- в) $\delta_1=0,12 \text{ м}$; $\delta_2=0,33 \text{ м}$;
- г) $\delta_1=1,2998 \text{ м}$; $\delta_2=0,312 \text{ м}$;
- д) $\delta_1=0,0054 \text{ м}$; $\delta_2=0,009 \text{ м}$.

10. Пластинчатый радиатор длиной $l=0,2 \text{ м}$, шириной $a=0,15 \text{ м}$ охлаждается обтекаемым потоком воздуха с температурой $t_0=20^\circ\text{C}$. Скорость набегающего потока воздуха $w_0 = 3 \text{ м/с}$. Температура поверхности радиатора $t_p=90^\circ\text{C}$. Найдите коэффициент теплоотдачи радиатора и количество отдаваемой теплоты. Следует считать режим движения воздушной среды ламинарным и охлаждается только одна сторона радиатора.

Варианты ответа:

- а) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=2,65 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;
- б) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=4,87 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;
- в) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=5,32 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;
- г) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=6,12 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;
- д) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=7,52 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Цель и условия проведения испытаний на воздействие пониженной температуры. Способы охлаждения

2. Датчики на минусовые температуры. Методы испытаний
3. Цель и условия проведения испытаний на воздействие циклического изменения температуры и термоудар. Особенности комбинированных камер
4. Термодатчики. Особенности автоматического регулирования. Методы испытаний
5. Цель и условия проведения испытаний на воздействие повышенной влажности. Классификация и основные параметры камер
6. Способы получения повышенной влажности. Средства измерения повышенной влажности.
7. Сорбционные и термодинамические средства измерений
8. Автоматическое регулирование влажности. Методы испытаний: длительные, ускоренные и кратковременные испытания
9. Цель и условия проведения испытания на воздействие солнечного излучения. Камеры с солнечной радиацией
10. Источники и средства измерений солнечного излучения. Методы испытаний
11. Цель и условия проведения испытаний на воздействие морского (соляного) тумана. Камеры и их основные параметры
12. Способы получения морского тумана. Средства измерений. Методы испытаний
13. Цель и условия проведения испытаний на воздействие повышенного и пониженного атмосферного давления. Барокамеры
14. Термобарокамеры. Основные параметры испытательных режимов
15. Взаимосвязь параметров давления и температуры. Средства измерений. Методы испытаний
16. Цель и условия проведения испытаний на статическое и динамическое воздействие пыли. Камеры пыли и их основные параметры
17. Способы получения пыли в камерах. Средства оценки степени воздействия пыли на изделие. Состав пылевой смеси. Методы испытаний
18. Цель и условия испытаний на водонепроницаемость, водозащищенность, каплезащищенность, на воздействие дождя и гидростатическое воздействие
19. Оборудование для испытаний: ванны, баки, камеры дождя и другие виды. Средства измерения параметров испытательных режимов. Методы испытаний
20. Цель и условия испытаний на комбинированные воздействия: климатических факторов (например: холода, пониженного атмосферного давления и влажного тепла, сухого тепла и пониженного атмосферного давления и др.) и климатических факторов.
21. Условия обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) испытываемых изделий и оборудования для климатических воздействий
22. Цель натурных испытаний. Основные условия реализации. Комплексный характер воздействия климатических факторов
23. Выбор условий проведения испытаний. Оборудование и средства измерения. Методы испытаний

24 Цель и условия испытаний на воздействие плесневых грибов. Особенности камер.

25 Состав и контроль споровой суспензии. Способы оценки результатов испытаний. Методы испытаний

26 Цель и условия испытаний на коррозионно-активные воздействия. Принципы построения камер на совместные воздействия агрессивного газа, влажности и температуры.

27 Средства измерений параметров агрессивного газа. Методы испытаний. Периодические и непрерывные воздействия. Способы ускорения процесса испытаний

28 Цель испытаний на технологические воздействия. Испытания на воздействие сред заполнения, не герметичность, на способность к пайке, на безопасность, на воздействие ряда технологических факторов на изделие и т.д.

29 Цель и условия проведения испытаний на космические воздействия. Особенности оборудования для испытаний на космические воздействия

30 Оборудование для испытаний на невесомость. Контроль влияния невесомости. Оборудование и средства измерений для испытаний на воздействие космического (повышенного) вакуума и криогенных температур. Методика проведения испытаний

31 Испытания на комбинированное воздействие космических факторов

32 Цель и условия испытаний на радиационные (ионизирующие) воздействия. Оборудование для воспроизведения излучений: ускорители, бета-троны, изотопные источники, рентгеновские установки.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы теории испытаний. Внутренние и внешние факторы воздействия на ЭС, контроль и испытание	ПК-3, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

2	Контроль и испытания РЭС .Испытания на механические воздействия.	ПК-3, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
3	Испытания на климатические воздействия. Техническое обеспечение испытаний	ПК-3, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
4	Испытание на биологическое, химическое и технологическое воздействия..	ПК-3, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
5	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения.	ПК-3, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе
6	Испытания на надежность, безотказность и ремонтнопригодность	ПК-3, ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовой работе

7.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Никитин, Л.Н. Методы и средства испытаний электронных средств [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (6,13 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Download.asp?type=2&filename>
2. Никитин, Л.Н. Оборудование для испытаний радиосистем [Электронный ресурс] : Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (35,2 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2014. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Download.asp?type=2&filename>
3. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Методы и устройства испытания ЭС» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и конструирование радиоэлектронных средств») очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф. конструирования и производства радиоаппаратуры; Сост.: Л. Н. Никитин, И. С. Бобылкин. - Электрон. текстовые, граф. дан. (590 Кб). - Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – Режим доступа: [Практ.раб.](#)
4. Методические указания к курсовому проектированию для самостоятельной работы по дисциплине «Методы и устройства испытаний электронных средств» направления подготовки 11.03.03. «Конструирование и технология электронных средств», (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.С. Костюков, А.В. Башкиров. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 23 с. – Режим доступа: [531-2021 МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ](#)
5. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Методы и устройства испытаний электронных средств» направления подготовки 11.03.03. «Конструирование и технология электронных средств», (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.С. Костюков, А.В. Башкиров. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 24 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

ОС Windows 7 Pro;
Google Chrome;
Microsoft Office 64-bit
Компас 3D;
DesignSpark PCB;

Altium Designer;

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> – единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;

<http://www.iprbookshop.ru/> – электронная библиотечная система

IPRbooks;

www.elibrary.ru – научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные систе-

мы:

<https://docplan.ru/> – бесплатная база ГОСТ

<http://www.kit-e.ru/> – электронная версия журнала «Компоненты и техноло-

гии»

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Учебная аудитория, укомплектованная следующим оборудованием:

– персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети Интернет;

– доска магнитно-маркерная;

– мультимедийный проектор на кронштейне;

– экран настенный

Учебная аудитория (лаборатория), укомплектованная следующим оборудованием:

– персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 14 шт.;

– источник питания НУ3020Е- 9350 – 6 шт.;

– источник питания Б5-49 – 3 шт.;

– осциллограф GDS – 5 шт.;

– осциллограф цифровой запоминающий ОЦ3С02;

– универсальный генератор сигналов DG1022 – 4 шт.;

– цифровой осциллограф MSO2072A;

– электронная программируемая нагрузка AEL-8320 – 4 шт.

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

– персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет — 10 шт.;

– принтер;

- магнитно-маркерная доска;
- переносные колонки;
- переносной микрофон.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

По дисциплине «Методы и устройства испытаний РЭС» читаются лекции, проводятся лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе. Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

Лабораторные работы важны тем, что деятельность студентов приближается к деятельности инженера, способствуя приобретению навыков исследовательской работы, освоению методики экспериментальной работы, ознакомлению с радиоэлектронным оборудованием, обучению правилам безопасной работы с оборудованием.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;

выполнение домашних заданий и типовых расчетов;

работа над темами для самостоятельного изучения;

участие в работе студенческих научных конференций, олимпиадах;

подготовка к зачетам и экзаменам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией. При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Рекомендуется составлять их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

текущий (опрос, тестирование, расчеты, защита ЛР);
промежуточный (КР, экзамен).

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов. Для успешной сдачи экзамена необходимо заниматься систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата вне- сения из- менений	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1			
2			
3			