

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
_____ В.А. Небольсин
«16» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Методы и устройства испытаний РЭС»

Направление подготовки 11.03.03 – Конструирования и технология электронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 месяцев

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор программы _____  /Башкиров А.В./

Заведующий кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры _____  /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП _____  /Пирогов А.А./

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Состоит в изучении методов и устройств испытаний радиоэлектронных средств с целью повышения их качества, надежности, технологичности и экономической эффективности.

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 части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы и устройства испытаний РЭС» направлен на формирование следующей компетенции:

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 роль испытаний в деле повышения качества и надежности РЭС. Методы монтажа, настройки, испытания узлов, модулей и систем электронных средств, в том числе с использованием современных САПР
	уметь проводить испытания согласно производственным стандартам и требованиям с использованием средств для автоматизации процесса

	владеть навыками работы в программных средах для автоматизированного проведения испытаний и моделирования различных процессов
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 о необходимости и обоснованности проведения испытаний радиоэлектронных устройств.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
Самостоятельная работа	81	81
Курсовой проект		
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	12	12
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа	159	159
Курсовой проект		
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+

Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	180 5	180 5
--	----------	----------

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, 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 электро-элементов, 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	2	12	14	34
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 повыше-	6	2	12	14	34

		нии качества РЭС.					
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	2	12	14	34
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	4	12	16	38
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	4	12	16	38
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	4	12	16	38
		Итого	36	18	72	90	216

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лек ц	Пра к зан.	Ла б. зан .	СРС	Вс его , 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 электро-элементов, вибрации при работе электрических моторов. Внешние воздействующие факторы: действие окружающей среды (радиация, влажность, удары, вибрация..) Контроль приборов-измерение параметров при нор-	2	1	1	37	41

		мальных условиях эксплуатации. Испытание проборов - измерение параметров при одновременном воздействии внешних факторов					
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	1	1	1	37	40
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	-	2	38	42
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	1	1	2	37	41
5	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения.	Испытание РЭС на воздействие ионизирующего излучения. Виды ионизирующего излучения. Цели определительных и контрольных ис-	1	1	1	37	40

		пытаний на показатели надежности.					
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).	1	-	1	37	39
Итого			8	4	8	223	243

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Применение программного комплекса Creo для анализа механических и тепловых нагрузок приборов;
2. Методы испытаний РЭС на механическую устойчивость;
3. Расчет надежности радиоэлектронных средств на ЭВМ;
4. Расчет теплового режима радиоэлектронных средств на ЭВМ;
5. Расчет механических воздействий блоков РЭС на ЭВМ;
6. Граничные и матричные испытания РЭС
7. Расчет надежности методом непрерывных испытаний;
8. Расчет надежности графическим методом;
9. Испытания на ремонтнопригодность.

5.3 Перечень практических работ

1. Испытания РЭС на сохраняемость и долговечность
2. Подведение итогов испытания и способы оценки результатов
3. Изучение конструкции стенда для испытаний РЭС на воздействия тепла, влаги и холода
4. Испытание РЭС на воздействие вибрационных нагрузок;
5. Испытание РЭС на удар.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 4 семестре для очной формы обучения и 6 семестре для заочной формы обучения.

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

Темой курсовой работы 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 работы исследовательского профиля связаны с теоретическими и эксперименталь-

ными исследованиями в области защиты конструкций радио электронных средств от внешних воздействий.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- 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.

Курсовая работа включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Выполнение контрольных работ не предусмотрено учебным планом дисциплины.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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 роль испытаний в деле повышения качества и надежности РЭС. Методы монтажа, настройки, испытания узлов, модулей и систем электронных	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при за-	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	средств, в том числе с использованием современных САПР	щите курсового проекта		
	уметь проводить испытания согласно производственным стандартам и требованиям с использованием средств для автоматизации процесса	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы в программных средах для автоматизированного проведения испытаний и моделирования различных процессов	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 про-	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

		екта		
--	--	------	--	--

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 и 6 семестрах для очной и заочной форм обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-2	знать роль испытаний в деле повышения качества и надежности РЭС. Методы монтажа, настройки, испытания узлов, модулей и систем электронных средств, в том числе с использованием современных САПР	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 согласно производственным стандартам и требованиям с использованием	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

	средств для автоматизации процесса					
	владеть навыками работы в программных средах для автоматизированного проведения испытаний и моделирования различных процессов	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 о 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 основных 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.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. В каких единицах измеряется надежность РЭС ?

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

2. 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.

3. Вибрацию свыше 140 дБ считают:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

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

4. 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.

5. Основные проблемы конструирования и производства радиоэлектронных средств:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) миниатюризация;
- б) повышение КПД;
- в) увеличение размеров радиоэлектронных модулей;
- г) повышение потребляемой мощности радиоэлектронных средств.

6. Этапы развития конструкций приборов:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) системотехнический;
- б) математический;
- в) схемотехнический;
- г) конструкторско-технологический;
- д) инновационный.

7. ТЗ на изготовление прибор формируется на основании ...

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) назначения изделия;
- б) заявки на разработку;
- в) технических требований;
- г) желания заказчика.

8. 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.

9. 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.

10. Наличие паразитных связей в приборах обусловлено:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) увеличением плотности токов в схемах;
- б) применением систем на кристалле;
- в) повышение плотности электромонтажа в пределах полупроводниковых ИМС;
- г) применение многоуровневой разводки;

д) снижение напряжения питания.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. 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 изделия. Определить вероятность безотказной работы за 100 часов, если $k=2 \cdot 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$.

Варианты ответа:

- а) 0,975;
- б) 0,897;
- в) 0,998;
- г) 0,796;
- д) 0,97.

6. 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.

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

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 $450 \text{ }^\circ\text{C}$, а температура внешней поверхности теплоизоляции $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Требуется определить толщину изоляции если: а) изоляция сделана из совелита ($\lambda=0,09+0,0000872 \cdot t \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$); б) изоляция сделана из асботермита ($\lambda=0,109+0,000146 \cdot t \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$).

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 $t_0=20 \text{ }^\circ\text{C}$. Скорость набегающего потока воздуха $w_0=3 \text{ м/с}$. Температура поверхности радиатора $t_p=90 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 $\alpha=2,65 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $Q=8 \text{ Вт}$;
- б) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=4,87 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $Q=10 \text{ Вт}$;
- в) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=5,32 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $Q=12 \text{ Вт}$;
- г) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=6,12 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $Q=14 \text{ Вт}$;
- д) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=7,52 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $Q=15 \text{ Вт}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает проведение зачета.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Техническое обеспечение АСИ
2. Обобщенный алгоритм управления работой автоматизированной установки испытаний РЭС
3. Алгоритмы поиска производственных дефектов
4. Автоматическая коррекция погрешностей преобразования
5. Метод идентификации дефектов ориентации радиоэлементов
6. Метрологическое обеспечение автоматизированных испытаний
7. Устройства создания механических нагрузок на РЭС
8. Графические модели для поиска производственных дефектов
9. Методика проведения технической диагностики
10. Адаптивные системы технического диагностирования и контроля
11. Определение надежности изделий на разных этапах производства
12. Производственно-технологическая деятельность. Основное определение и этапы.
13. Проектно-конструкторская деятельность. Основное определение и этапы.
14. Регулировка и опытная поверка оборудования.
15. Монтажно-наладочная деятельность. Основное определение и этапы.
16. Особенности технико-диагностического контроля радиоэлектронных средств
17. Для каких целей используются вероятностные кривые Пуассона ?
18. Как определить риск заказчика с помощью графика распределения Пуассона.
19. Что подразумевает под собой проверка работоспособности прибора ?
20. Что такое юстировка ?
21. Какие существуют виды юстировки ?
22. Как производится механическая юстировка ?
23. Чем проверка прибора отличается от поверки и калибровки ?
24. Организация защиты от ионизирующего излучения
25. Структура испытательного центра на воздействие ИИ.
26. Виды испытательной техники на воздействие вибрации.
27. Контрольные испытания на надежность
28. Классификация диагностических установок и их характеристики
29. Системы технико-диагностического контроля РЭС
30. Цели и условия проведения технико-диагностического контроля РЭС
31. Методика проведения технической диагностики
32. Структура систем технико-диагностического контроля РЭС
33. Информационные характеристики и алгоритмы технико-диагностического контроля РЭС
34. Цель и условия проведения испытаний на воздействие пониженной температуры. Способы охлаждения.
35. Цель и условия проведения испытаний на воздействие циклического изменения температуры и термоудар. Особенности комбинированных камер.
36. Цель и условия проведения испытаний на воздействие повышенной влажности. Классификация и основные параметры камер.

37. Способы получения повышенной влажности. Средства измерения повышенной влажности.
38. Методы испытаний: длительные, ускоренные и кратковременные испытания.
39. Цель и условия проведения испытания на воздействие солнечного излучения. Конструкция камеры с солнечной радиацией.
40. Цель и условия проведения испытаний на воздействие морского (соляного) тумана. Камеры и их основные параметры.
41. Цель и условия проведения испытаний на воздействие повышенного и пониженного атмосферного давления. Барокамеры.
42. Цель и условия проведения испытаний на статическое и динамическое воздействие пыли.
43. Цель и условия испытаний на водонепроницаемость, водозащищенность
44. Цель и условия испытаний на комбинированные воздействия: климатических факторов (например: холода, пониженного атмосферного давления и влажного тепла).
45. Цель натуральных испытаний. Основные условия реализации.
46. Цель и условия испытаний на воздействие плесневых грибков
47. Цель и условия испытаний РЭС на коррозионно-активные воздействия.
48. В чем заключается сущность метода непрерывных испытаний ?
49. Какие существуют способы измерения низких давлений ?
50. Для каких целей используют испытания на ремонтпригодность ?
51. Условия проведения испытаний на ремонтпригодность.
52. В каком случае используется одноступенчатый метод испытаний на ремонтпригодность ?
53. Особенности двухступенчатого контрольного метода на ремонтпригодность.
54. От чего зависит продолжительность испытаний на ремонтпригодность ?
55. Условия проведения испытаний на долговечность.
56. Как определяется предельная продолжительность на долговечность ?
57. Воздействию каких факторов подвергается изделие при испытании на долговечность ?
58. Для каких целей проводятся испытания на долговечность ?
59. Особенности испытаний на воздействие невесомости.
60. Виды испытаний на механическое воздействие
61. В каком случае используется выборочный контроль ?
62. Диагностика РЭС при воздействии линейных ускорений
63. Проведение испытаний на воздействие вибраций
64. Испытаний на воздействие ударов
65. Испытания на воздействие ионизирующего излучения

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 (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Структура и классификация контроля электронных средств	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
2	Факторы, определяющие надежность радио- электронных средств	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
3	Современные виды испытания радиоэлектронных средств.	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
4	Современные и перспективные виды контроля радиоэлектронных средств	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
5	Способы защиты радиоэлектронных средств от механических нагрузок	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
6	Способы защиты электронных средств от ио-	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, за-

	низирующих воздействий.		щита лабораторных работ требования к курсовому проекту
7	Способы обеспечения надежности электронных средств	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
8	Механические характеристики ударных стендов.	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
9	Влагозащита и герметизация радиоэлектронных средств.	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту
10	Особенности конструирования электронных средств с целью защиты от солнечного излучения.	ПК-2, ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ требования к курсовому проекту

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 курсового проекта 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. Малинский В. Д. Контроль и испытания радиоаппаратуры. М: Энергия, 1970 г. 336с.

2. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование: Учеб. Пособие для вузов. Под ред. А. И. Коробова. – М.: Радио и связь, 1987.-272с.

3. Байда Н.П., Неслора В.Н., Роик А.М., Самообучающие анализаторы производственных дефектов РЭА.М.: Радио и связь, 1991. – 256 с.

4. Gray K. Electronics Testing into the 21st Centure: Success in Test Is in Capabilities, Not Specifications, K. Gray, W. Tustin., Test and Measurements World. №2,2007.

5. Никитин Л.Н. Испытания РЭА: Учеб. пособие. Воронеж: гос.техн.ун-т,2008.-218 с.

6. Никитин Л.Н. Испытания, контроль и диагностика радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2009. -250 с.

7. Никитин Л.Н. Виртуальные методы испытаний: лабораторный практикум: учеб. пособие / Л.Н. Никитин, И.А. Лозовой. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»,2011. 93 с.

8. Никитин Л.Н Испытание радиоэлектронной аппаратуры: Учебное пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 3.5 Мб.2013.

9. Никитин Л.Н Учебное пособие по выполнению практических занятий для бакалавров, обучающихся по направлению 211000.(62) «Конструирование и технология электронных средств» и 200100.62 «Приборостроение» / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический институт»; сост. Л. Н. Никитин. Воронеж, 2015. 133 с.

10. Федотов В.К. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В.А. Федотов, Н.П. Сергеев. А.А. Кондрашин; под ред. В.К. Федотова. - М.: Техносфера, 2005. - 502с.

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

ПО: windows, open office, Acrobat reader, Google Chrome, программный комплекс «Creo Simulate».

Современная профессиональная база данных

Бесплатная база данных ГОСТ <https://docplan.ru/>

Электронная библиотека www.elibrary.ru/

Электронная библиотечные системы <https://www.iprbookshop.ru/>

<https://e.lanbook.com/>

Информационные справочные системы и сайты

ChipFind Документация <http://www.allcomponents.ru/>

Группа компаний «Промэлектроника» <https://www.promelec.ru/>

«Чип-Дип» <https://www.chipdip.ru/>

Электронная информационно-обучающая система ВГТУ

<https://old.education.cchgeu.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная видеопроектором с экраном и пособиями по профилю.

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением, ауд. 225/3, 226/3.

Видеопроектор с экраном в ауд. 234/3.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Методы и устройства испытаний РЭС» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета коэффициентов надежности. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

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

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования.

Вид учебных за-	Деятельность студента
-----------------	-----------------------

нятий	
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать 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.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
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 внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	--------------------------------	----------------------------	--