

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**УТВЕРЖДАЮ**
Декан факультета радиотехники и электроники
наименование факультета
/ В.А. Небольсин /
подпись *И.О. Фамилия*
31 августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Б1.В.ДВ.02.02 Методы обеспечения надежности РЭС»
наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки 11.04.03 – Конструирование и технология
электронных средств

код и наименование направления подготовки/специальности

Профиль Автоматизированное проектирование и технология
радиоэлектронных средств специального назначения

название профиля/программы

Квалификация выпускника магистр


Нормативный период обучения 2 года / 2 года 3 мес.

очная/заочная

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2021 г.

Автор(ы) программы


подпись


М.А. Ромащенко

Заведующий кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры


подпись

А.В. Башкиров

Руководитель ОПОП


подпись

А.В. Башкиров

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у магистрантов углубленных знаний по анализу надежности и долговечности радиоэлектронного оборудования, выбору основных направлений по повышению показателей надежности на стадии проектирования оборудования и его эксплуатации.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Дать развернутое представление об общих задачах надежности, технической диагностики и методах их решения; заложить основы вероятностного восприятия физических явлений и дать знание соответствующего математического аппарата; приложить общие положения надежности и технической диагностики к процессу технической эксплуатации радиоэлектронных средств и проиллюстрировать их возможности в решении конкретных технических задач. Приобретение навыков, необходимых для оформления расчетно-конструкторской документации согласно ЕСТП, ЕСКД, ОСТП и ГОСТ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы обеспечения надежности РЭС» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы обеспечения надежности РЭС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - проектировать функциональные блоки, модули, устройства, системы и комплексы электронных средств с учетом заданных требований

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать методики проведения испытаний РЭС. Методы испытания узлов, модулей и систем электронных средств, в том числе с использованием современных САПР.
	уметь анализировать состояние научно-технической проблемы обеспечения надежности РЭС путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.
	владеть способностью анализировать состояние научно-технической

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Методы обеспечения надежности РЭС» составляет 5 зачетных единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3			
Аудиторные занятия (всего)	90	90			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР) (в том числе в форме практической подготовки)	36 (18)	36 (18)			
Самостоятельная работа	54	54			
Курсовой проект (есть, нет)	есть	есть			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Часы на контроль	36	36			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)	экзамен	экзамен			
Общая трудоемкость	час	180	180		
	зач. ед.	5	5		

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4 (летняя)			
Аудиторные занятия (всего)	16	16			
В том числе:					
Лекции	4	4			
Практические занятия (ПЗ)	6	6			
Лабораторные работы (ЛР), (в том числе в форме практической подготовки)	6 (4)	6 (4)			
Самостоятельная работа	155	155			
Курсовой проект (есть, нет)	есть	есть			
Контрольная работа (есть, нет)	нет	нет			
Часы на контроль	9	9			
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой, экзамен)					
Общая трудоемкость	час	180	180		
	зач. ед.	5	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	Всего, час
1	Общие вопросы конструирования РЭС	Введение. Основные определения теории надежности. Цель и задачи курса. Основные понятия и определения. Возникновение проблемы надежности. Технические требования на разработку приборов	6	2	6	9	23
2	Методы повышения надежности РЭС	Условия эксплуатации приборов. Методы повышения надежности элементов. Методы повышения надежности систем.	6	2	6	9	23
3	Повышение надежности путем структурной избыточности	Виды резервирования. Показатели надежности систем со структурной избыточностью. Оптимизация резервирования.	6	2	6	9	23
4	Обеспечение надежности на этапах эксплуатации	Основные характеристики процесса эксплуатации приборов. Изменения параметров в процессе эксплуатации.	6	4	6	9	25
		практическая подготовка обучающихся Стратегия технического обслуживания по наработке. Стратегия технического обслуживания по состоянию					

5	Обеспечение стойкости и устойчивости РЭС при температурных воздействиях. Защита РЭС от внешних их воздействий	Основные задачи и процедуры теплового проектирования устройств и комплексов приборов.	6	4	6	9	25
		практическая подготовка обучающихся Методы и средства теплового проектирования в современных САПР приборов.					
6	Защита РЭС от механических воздействий	Основные задачи и процедуры механического проектирования конструкций приборов. Задачи механического анализа конструкций приборов.	6	4	6	9	25
		практическая подготовка обучающихся Средства комплексного анализа механических характеристик электронных модулей приборов.					
Итого			36	18	36	54	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Общие вопросы конструирования РЭС	Введение. Основные определения теории надежности. Цель и задачи курса. Основные понятия и определения. Возникновение проблемы надежности. Технические требования на разработку приборов	0,5	1	-	25	26,5
2	Методы повышения надежности РЭС	Условия эксплуатации приборов. Методы повышения надежности элементов. Методы повышения надежности систем.	0,5	1	1	26	28,5
3	Повышение надежности путем структурной избыточности	Виды резервирования. Показатели надежности систем со структурной избыточностью. Оптимизация резервирования.	0,5	1	1	26	28,5
4	Обеспечение надежности на этапах эксплуатации	Основные характеристики процесса эксплуатации приборов. Изменения параметров в процессе эксплуатации.	1	1	2	26	30
		практическая подготовка обучающихся Стратегия технического обслуживания по наработке. Стратегия технического обслуживания по состоянию					
5	Обеспечение стойкости и устойчивости РЭС при температурных воздействиях. Защита РЭС от внешних их воздействий	Основные задачи и процедуры теплового проектирования устройств и комплексов приборов.	1	1	1	26	29
		практическая подготовка обучающихся Методы и средства теплового проектирования в современных САПР приборов.					
6	Защита РЭС от механических воздействий	Основные задачи и процедуры механического проектирования конструкций приборов. Задачи механического анализа конструкций приборов.	0,5	1	1	26	28,5
		практическая подготовка обучающихся Средства комплексного анализа механических характеристик электронных модулей приборов.					
Итого			4	6	6	155	171

Практическая подготовка при освоении дисциплины (модуля) проводится путем непосредственного выполнения обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, способствующих формированию, закреплению и развитию практических навыков и компетенций по профилю соответствующей образовательной программы на лабораторных работах:

№ п/п	Перечень выполняемых обучающимися отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью	Формируемые профессиональные компетенции
1	Изучение методологии проведения научных исследований, технологии организации проведения работ по проектированию объекта, в соответствии с индивидуальным заданием.	ПК-3
2	Изучение методологии моделирования и верификация поведенческой модели объекта, в соответствии с индивидуальным заданием.	ПК-3
3	Изучение методологии разработки требуемого комплекта технических документов на объект, в соответствии с индивидуальным заданием.	ПК-3

5.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1.

Расчет надежности технических объектов по показателям надежности комплектующих элементов.

Лабораторная работа №2.

Статистический анализ параметров и показателей надежности.

Лабораторная работа №3.

Обоснование объема сертификационных и приемочных испытаний технических и программных средств.

Лабораторная работа №4

Определение количественных характеристик надёжности изделия.

Лабораторная работа №5

Расчет надежности системы с постоянным резервированием

Лабораторная работа №6

Резервирование замещением в режиме облегченного (теплого) резерва и в режиме ненагруженного (холодного) резерва.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 3 семестре для студентов очного обучения и в 4 семестре (летняя сессия) для студентов заочного обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Расчет показателей надежности радиоэлектронного средства» по вариантам:

- определение статистических вероятностей безотказной работы устройства.
- расчет надежности системы с поэлементным резервированием.
- резервирование с дробной кратностью и постоянно включенным резервом.
- скользящее резервирование при экспоненциальном законе надежности.
- расчет показателей надежности резервированных устройств с учетом восстановления

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- обзор современного состояния в области моделирования и анализа показателей надежности радиоэлектронного средства;
- описание программного комплекса применяемого для решения поставленной задачи в соответствии с выданным вариантом;
- практическое выполнение моделирования и анализа показателей надежности радиоэлектронного средства.

Курсовой проект включает в себя расчетно-пояснительную записку и приложение с графической частью.

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-3	знать методики проведения испытаний РЭС. Методы испытания узлов, модулей и систем электронных средств, в том числе с использованием современных САПР.	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь анализировать состояние научно-технической проблемы обеспечения надежности РЭС путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью анализировать состояние научно-технической проблемы повышения надежности	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	РЭС.	работ при выполнении курсовой работы	программах	программах
--	------	--------------------------------------	------------	------------

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения и в 4 (летняя сессия) для заочной формы обучения по системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-3	знать методики проведения испытаний РЭС. Методы 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 анализировать состояние научно-технической проблемы обеспечения надежности РЭС путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников.	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 способностью анализировать состояние научно-технической проблемы повышения надежности РЭС.	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. Нормальными климатическими условиями принято считать температуру...
Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) от -1 C^0 до 10 C^0 ;
- б) от -15 C^0 до 45 C^0 ;
- в) от $+3\text{ C}^0$ до $+25\text{ C}^0$;
- г) от 15 C^0 до 30 C^0 .

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. Этапы развития конструкций приборов:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

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

5. Показатели приборов:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

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

6. 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.

7. Вибрацию свыше 140 дБ считают:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

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

8. 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.

9. 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.

10. 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.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Наличие паразитных связей в ЭС обусловлено:

Варианты ответа (выберите один или несколько правильных):

- а) увеличением плотности токов в схемах;
- б) применением систем на кристалле;
- в) повышении плотности электро монтажа в пределах полупроводниковых ИМС;
- г) применение многоуровневой разводки;
- д) снижение напряжения питания.

2. Что характеризует вибропрочность РЭС ?

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.

3. Что представляет собой контроль прибора ?

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;
- г) все ответы неправильные.

4. Какие факторы влияют на процесс испытания прибора 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.

5. В каких единицах измеряется надежность приборов:

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

6. 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.

7. Для чего необходима систематизация факторов, влияющих на работу прибора ?

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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

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 $N_0 = 1000$ 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. 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.

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 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.

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: $I_n = 10$ А, $I_x = 9$ А, $\Delta s = +0,4$ А, $\sigma_I = 0,4$ 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/м². Под изоляцией температура поверхности 450 °С, а температура внешней поверхности теплоизоляции 50 °С. Требуется определить толщину изоляции если: а) изоляция сделана из совелита ($\lambda=0,09+0,0000872 \cdot t$ Вт/(м·К)); б) изоляция сделана из асботермита ($\lambda=0,109+0,000146 \cdot t$ Вт/(м·К)).

Варианты ответа:

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

10. Пластинчатый радиатор длиной $l=0,2$ м, шириной $a=0,15$ м охлаждается обтекаемым потоком воздуха с температурой $t_0=20$ °С. Скорость набегающего потока воздуха $w_0=3$ м/с. Температура поверхности радиатора $t_p=90$ °С. 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 $\alpha=2,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $Q=8 \text{ Вт}$;
- б) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=4,87 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $Q=10 \text{ Вт}$;
- в) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=5,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $Q=12 \text{ Вт}$;
- г) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=6,12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $Q=14 \text{ Вт}$;
- д) Коэффициент теплоотдачи $\alpha=7,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $Q=15 \text{ Вт}$.

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. Что понимается под степенью свободы механической системы?
2. Какие применяются виды моделей конструкций ЭС?
3. Приведите примеры моделей геометрической формы и способов крепления.
4. Дайте характеристику случайной вибрации
5. Что понимается под линейным ускорением?
6. Как составляются конечно-разностные уравнения?
7. В чем заключается основная идея метода конечных элементов?
8. Какие известны программные комплексы, основанные на МКЭ?
9. Что понимается под усталостной долговечностью конструкции?
10. Что определяет кривая Веллера?
11. На какие иерархические уровни можно разделить конструкции ЭС?
12. Математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов.
13. Автоматизированное проектирование и исследования
14. Современные системы инженерного анализа устойчивости РЭС на воздействие различных нагрузок
15. Методы виртуальных испытаний РЭС на механическую и тепловую устойчивость
16. Обратимые и необратимые явления в электрорадио материалах.
17. Математическое, программное, информационное и лингвистическое обеспечение
18. Математическая модель технологического процесса испытаний
19. Показатели безотказности технического объекта.
20. Вероятность безотказной работы ЭС.
21. Программа автоматического поиска дефектов
22. Модели для поиска производственных дефектов
23. Математические модели узлов РЭС как объектов диагностирования
24. Алгоритмы идентификации обрывов, коротких замыканий и дефектов ориентации элементов
25. Вероятность не обнаружения отказа

26. Организация взаимодействия объекта со средствами диагностирования
27. Алгоритмы идентификации обрывов, коротких замыканий и дефектов ориентации электрорадио элементов
28. Составление программы автоматического поиска дефектов
29. Показатели эффективности. Расчет коэффициента качества и эффективности
30. Основные причины возникновения отказов
31. Особенности программы диагностики на надежность
32. Расчет коэффициента качества и эффективности.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса, по одному по каждой из тем, и 3 задачи, по одной по каждой из тем. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 5 баллов, при допуске арифметической ошибки – 4 балла, при правильном ходе незаконченного решения – 3 балла, при продвижении в решении – 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 18.

- оценка «неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
- оценка «удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 9 баллов
- оценка «хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 10 до 15 баллов.
- оценка «отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 18 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие вопросы конструирования РЭС	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта
2	Методы повышения надежности РЭС	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта
3	Повышение надежности путем структурной избыточности	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта
4	Обеспечение надежности на этапах эксплуатации	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта

5	Обеспечение стойкости и устойчивости РЭС при температурных воздействиях. Защита РЭС от внешних их воздействий	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта
6	Защита РЭС от механических воздействий	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, защита лабораторных работ, защита курсового проекта

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 методике 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 методике 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 методике 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. Турецкий А.В. Методы обеспечения надежности радиоэлектронных средств: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (5,0 Мб) / А.В. Турецкий, В.А. Шуваев. -Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014

2. Турецкий А.В. Методы обеспечения надежности: практикум (учебное пособие) Учеб. пособие Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. 116 с. 117 с.

3. Надежность радиоэлектронных средств : учебное пособие для вузов / Д. Ю. Муромцев, И. В. Тюрин, О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 88 с. — ISBN 978-5-8114-8121-7. —

Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171866> (дата обращения: 31.08.2021).

4. Обеспечение надежности сложных технических систем : учебник / А. Н. Дорохов, В. А. Керножицкий, А. Н. Миронов, О. Л. Шестопалова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1108-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167412> (дата обращения: 31.08.2021).

5. Юрков, Н. К. Технологии производства электронных средств : учебник / Н. К. Юрков. — 2-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1552-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168617> (дата обращения: 31.08.2021).

6. Конструирование блоков радиоэлектронных средств : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-3529-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113384> (дата обращения: 31.08.2021).

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

программный комплекс «Компас 3D»

программный комплекс Altium designer (учебная лицензия)

<http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к образовательным ресурсам

http://www.rsci.ru/grants/grant_news/ - новости о грантах

<http://www.fips.ru/> - Федеральный институт промышленной собственности

<http://www.rupto.ru/> - Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент)

<https://old.education.cchgeu.ru/> - электронная информационно-обучающая система ВГТУ

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

www.elibrary.ru/ - электронная библиотека

<https://www.iprbookshop.ru/> , <https://e.lanbook.com/> - электронные библиотечные системы

<http://www.vorstu.ru/structura/library/> - научно-техническая библиотека ВГТУ

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Компьютерный класс, оснащенный ПЭВМ с установленным программным обеспечением

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Методы обеспечения надежности 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 параметров электромагнитной совместимости. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Студент должен выполнять этапы курсового проекта своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта. Освоение дисциплины оценивается на зачете и экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента (особенности деятельности студента инвалида и лица с ОВЗ, при наличии таких обучающихся)
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: <ul style="list-style-type: none"> - 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
----------	-----------------------------	-------------------------------	--