

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин

«19» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины (модуля)**

**«Б1.В.ДВ.03.01 Методы обеспечения надежности РЭС»**

**Направление подготовки (специальность)** 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

Магистерская программа "Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения»

**Квалификация выпускника** Магистр

**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года 3 м.

**Форма обучения** Очная / Заочная

**Год начала подготовки** 2020 г.

Автор программы  /Никитин Л.Н./

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

Руководитель ОПОП  /Муратов А.В./

**Воронеж 2020**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Формирование у магистрантов базовых 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 по выбору блока Б1.В.ДВ.03.01 учебного плана.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Методы обеспечения надежности РЭС» направлен на формирование следующей компетенции:

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 проблемы повышения надежности РЭС.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Се- местр
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	63	63
Курсовой проект	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – экзамен		
Общая трудоемкость час	180	153
экзамен. ед.		27

##### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Се- местр
		4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	16	16
В том числе:		
Лекции	4	4
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
<b>Самостоятельная работа</b>	155	155
Курсовой проект	+	+
Контрольная работа		
Вид промежуточной аттестации – экзамен		
Общая трудоемкость час	180	171
экзамен. ед.		9

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### Очная форма обучения

	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	4	10	22
2	Методы повышения надежности РЭС	Условия эксплуатации приборов. Методы повышения надежности элементов. Методы повышения надежности систем.	6	2	4	10	22
3	Повышение надежности путем структурной избыточности	Виды резервирования. Показатели надежности систем со структурной избыточностью. Оптимизация резервирования.	6	2	4	10	22
4	Обеспечение надежности на этапах эксплуатации	Основные характеристики процесса эксплуатации приборов. Изменения параметров в процессе эксплуатации. Стратегия технического обслуживания по наработке. Стратегия технического обслуживания по состоянию	6	4	8	11	29
5	Обеспечение стойкости и устойчивости РЭС при температурных воздействиях. Защита РЭС от внешних воздействий	Основные задачи и процедуры теплового проектирования устройств и комплексов приборов. Методы и средства теплового проектирования в современных САПР приборов.	6	4	8	11	29
6	Защита РЭС от механических воздействий	Основные задачи и процедуры механического проектирования конструкций приборов. Задачи механического анализа конструкций приборов. Средства комплексного анализа механических характеристик электронных модулей приборов.	6	4	8	11	29
		<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>63</b>	<b>153</b>

## Заочная форма обучения

	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Все го, 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	1	-	2	26	29
2	Методы повышения надежности РЭС	Условия эксплуатации приборов. Методы повышения надежности элементов. Методы повышения надежности систем.	1	-	2	26	29
3	Повышение надежности путем структурной избыточности	Виды резервирования. Показатели надежности систем со структурной избыточностью. Оптимизация резервирования.	-	-	2	26	28
4	Обеспечение надежности на этапах эксплуатации	Основные характеристики процесса эксплуатации приборов. Изменения параметров в процессе эксплуатации. Стратегия технического обслуживания по наработке. Стратегия технического обслуживания по состоянию	-	-	2	26	28
5	Обеспечение стойкости и устойчивости РЭС при температурных воздействиях. Защита РЭС от внешних воздействий	Основные задачи и процедуры теплового проектирования устройств и комплексов приборов. Методы и средства теплового проектирования в современных САПР приборов.	1	-	2	26	29
6	Защита РЭС от механических воздействий	Основные задачи и процедуры механического проектирования конструкций приборов. Задачи механического анализа конструкций приборов. Средства комплексного анализа механического характеристик электронных модулей приборов.	1	-	2	25	29
		<b>Итого</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>12</b>	<b>155</b>	<b>171</b>

### 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Расчет надежности технических объектов по показателям надежности комплектующих элементов.
2. Разработка требований ТЗ по надёжности

3. Статистический анализ параметров и показателей надежности
4. Математико – статистические методы обработки малых выборок
5. Обоснование объема сертификационных и приемочных испытаний технических и программных средств

### **5.3 Перечень практических работ**

1. Определение количественных характеристик надёжности изделия
2. Последовательное соединение элементов в систему
3. Расчет надежности системы с постоянным резервированием
4. 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 курсовой работы.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет показателей надежности радиоэлектронного средства по предложенному варианту».

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 экспериментальными исследованиями в области защиты конструкций радиоэлектронных средств от внешних воздействий.

Курсовая работа должна 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.

## **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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
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 лабораторных и практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ.	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, при выполнении лабораторных работ.	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 РЭС.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ при выполнении лабораторных работ.	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 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-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.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов



	владеть способностью анализировать состояние научно-технической проблемы повышения надежности РЭС.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------	------	-----------------------------	----------------------------	----------------------------	--------------------------------------

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

#### 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  $\Gamma$ , а затем - систем  $S$ ;
- б) свойств системы  $S$ , а затем элементов  $\Gamma$ ;
- 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) повышение 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  $\Delta s$ . Среднее квадратическое отклонение показаний прибора  $\sigma_I$ . 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 разгах 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  $450 \text{ Вт/м}^2$ . 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. 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

Зачет с оценкой 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 механических воздействующих факторов	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
2	Климатические воздействующих факторы на РЭС	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос, КП
3	Механические воздействующих факторы на РЭС	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос, КП
4	Современные и перспективные виды виртуальных испытаний РЭС	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос, КП
5	Системы защиты РЭС от деструктивных влияний	ПК-3	Тест, зачет, устный опрос
6	Способы защиты РЭС от вибрационного воздействия	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КП
7	Обеспечение надежности приборов и систем	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КП
8	Защита приборов и систем от солнечных и механических воздействующих факторов.	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КП

9	Влагозащита и герметизация приборов и систем	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КП
10	Особенности испытательных камер приборов и систем на космические воздействия.	ПК-3	Тест, экзамен, устный опрос, КП

### **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.

## **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. Шураков В.В. Надежность программного обеспечения систем обработки данных : Учебник. - М. : Статистика, 1981. - 216с. : ил.

4. Турецкий А.В , Шуваев В.А., Ципинв Н.В. Методические указания по курсовой работе по дисциплине «Методы обеспечения надежности», направление 211000.68 «Конструирование и технология электронных средств», программа подготовки магистров «Автоматизированное проектирование и тех-

нология»- ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; Воронеж 2013. 53 с. 117 с.

5. 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

## **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**

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, программный комплекс «Компас 3D LT», программа на ЭВМ Creo для проведения расчета надежности и виброустойчивости различных конструкций РЭС».

## **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. 234/3, 226/3.

Видеопроектор с экраном в ауд. 234/3.

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

По дисциплине «Методы и средства испытаний и контроля приборов и систем» читаются лекции, проводятся лабораторные и занятия, .

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.

- Самостоятельная занятия позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности практических занятий для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по со-

ответствующей теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.

- Кроме того самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования и 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, олимпиад;
- 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). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, контрольные работы, типовые расчеты);
- рубежный (коллоквиум);
- промежуточный (курсовая работа, зачет, зачет с оценкой, экзамен).

Коллоквиум – форма итоговой проверки знаний студентов по определенным темам.

Зачет – форма проверки знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях. Сдача всех зачетов, предусмотренных учебным планом на данный семестр, является обязательным условием для допуска к экзаменационной сессии.

Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации – готовиться к экзамену следует 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.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
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.
Практические занятия	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.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе дисциплины  
«Методы обеспечения надежности РЭС»

**Направление подготовки (специальность)** 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств  
Магистерская программа "Автоматизированное проектирование и технология радиоэлектронных средств специального назначения»

**Квалификация выпускника** Магистр  
**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года 3 м.  
**Форма обучения** Очная / заочная  
**Год начала подготовки** 2020 г.

### **1.1. Цели изучения дисциплины**

Формирование у магистрантов базовых знаний по анализу надежности и долговечности приборов, 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 приборов и проиллюстрировать их возможности в решении конкретных технических задач

Приобретение навыков, необходимых для оформления расчетно-конструкторской документации согласно ЕСТП, ЕСКД, ОСТП и ГОСТ.

### **Перечень формируемых компетенций:**

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

**Общая трудоемкость дисциплины ЗЕТ:** 5 з.е.

**Форма итогового контроля по дисциплине:** экзамен  
(зачет, зачет с оценкой, экзамен)