

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.

« 25 » мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Направление подготовки

**27.03.04 Управление в технических системах**

---

Направленность (профиль)

**Системы автоматизированного управления**

---

Квалификация выпускника

**Бакалавр**

---

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Надежность систем управления» являются формирование у обучающихся теоретических знаний, практических умений и навыков, необходимых при осуществлении проектно-конструкторской деятельности при модернизации действующих и создании новых автоматизированных и автоматических систем управления.

### Задачи дисциплины:

- сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования устройств и систем автоматизации и управления;
- расчет и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием;
- разработка проектной и рабочей документации, оформление отчетов по законченным проектно-конструкторским работам.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-1	способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	теоретические основы и принципы методов анализа и обработки экспериментальной информации	применять численные методы для обработки экспериментальных данных, в том числе, при расчете показателей надежности систем	

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина (модуль) «Надежность систем управления» относится к блоку «Факультативы».

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и компетенциях, сформированных при изучении следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Основы электротехники и теплотехники», «Математические модели и численные методы в решении задач АСУТП».

Дисциплина «Надежность систем управления» является предшествующей для освоения дисциплин: «Микропроцессоры и микроконтроллеры в системах управления», «Основы проектирования автоматизированных систем».

## 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы.

Виды учебной работы	Всего часов	6 семестр
	ак.ч	ак.ч
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>51,95</b>	<b>51,95</b>
Лекции	17	17

<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–
Практические занятия (ПЗ)	34	34
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	34	34
Консультации текущие	0,85	0,85
<b>Вид аттестации (зачет)</b>	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>56,05</b>	<b>56,05</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	8,5	8,5
Проработка материала по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	23,55	23,55
Подготовка к практическим занятиям, проведение расчетов среде Mathcad	24	24

## 5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 5.1 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
1	Основные понятия теории надежности, показатели надежности невосстанавливаемых систем. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы.	Основные понятия и определения надёжности. Классификация отказов. Функциональные и числовые показатели надёжности технических и программных средств автоматизации. Эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств при оценке показателей надёжности. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы;	22
2	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем	Расчет показателей надежности для нерезервированных систем. Расчет показателей надежности для резервированных систем;	34
3	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	Функциональные и числовые показатели надёжности и ремонтпригодности восстанавливаемых систем. Оценка показателей ремонтпригодности. Расчет надежности систем при различных видах резервирования.	34
4	Факторы, влияющие на надежность. Испытания на надежность	Факторы, влияющие на надежность систем. Синтез систем по заданным показателям надежности. Испытания на надежность: планирование и обработка результатов.	17,05

### 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	СРО, час
1	Основные понятия теории надежности, показатели надежности невосстанавливаемых систем. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы.	4	6	12
2	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем	6	12	16
3	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	4	12	18
4	Факторы, влияющие на надежность. Испытания на надежность	3	4	10,05

## 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1	Основные понятия теории надежности, показатели надежности невосстанавливаемых систем. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы.	Основные понятия и определения теории надежности. Классификация отказов. Количественные показатели надежности систем без восстановления: вероятность безотказной работы, вероятность отказа, интенсивность отказов, среднее время наработки до отказа, дисперсия и среднее квадратическое отклонение, гамма-процентная наработка до отказа. Статистические показатели надежности. Получение показателей по результатам испытаний или опытной эксплуатации. Расчет показателей по заданным методикам и обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств. Интенсивность отказов элементов и систем в течение жизненного цикла. Законы распределения вероятности времени наработки систем до отказа: экспоненциальный, нормальный, усеченный нормальный, Вейбулла.	4
2	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем без резервирования. Резервирование в системах: аппаратное, функциональное, временное, информационное. Аппаратное резервирование: поэлементное, скользящее, мажоритарное, нагруженное и ненагруженное. Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем с нагруженным резервом и систем с перекрестными связями. Потоки отказов в системах с ненагруженным резервом. Основные сведения из теории массового обслуживания. Потоки событий, ведущая функция и параметр потока. Распределение Пуассона для стационарного и нестационарного потоков. Расчет показателей надежности для систем с ненагруженным резервом при одинаковых интенсивностях отказов. Расчет показателей надежности систем с ненагруженным резервом при различных интенсивностях отказов.	6
3	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	Количественные показатели надежности и ремонтпригодности систем с восстановлением: среднее время наработки на отказ, среднее время и интенсивность восстановления, ресурс, срок службы, функция и коэффициент готовности. Расчет показателей надежности системы с восстановлением методами переходных вероятностей и переходных интенсивностей. Расчет показателей надежности реальных систем с учетом вида отказа, а также условий восстановления. Построение графов состояний систем	4
4	Факторы, влияющие на надежность. Испытания на надежность	Расчет показателей надежности при циклической нагрузке. Факторы, влияющие на надежность систем управления: технические, программные, эксплуатационные. Влияние климатических факторов. Испытания на надежность. Виды испытаний. Планы определительных испытаний. Получение выборочных оценок параметров распределения (выборочного среднего, выборочной дисперсии) для различных планов определительных испытаний. Получение интервальных оценок показателей надежности для экспоненциального и нормального законов распределения вероятности времени безотказной работы. Планирование контрольных испытаний.	3

## 5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость, час
1	Основные понятия теории надежности, показатели надежности невосстанавливаемых систем. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы.	Получение статистических оценок вероятности безотказной работы, вероятности отказа, среднего времени наработки до отказа, частоты и интенсивности отказов по результатам испытаний объектов без восстановления или их опытной эксплуатации. Получение вероятности безотказной работы, вероятности отказа, среднего времени наработки до отказа, частоты и интенсивности отказов для экспоненциального, нормального и усеченного нормального распределений вероятности, а также распределения Вейбулла	6
2	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем	Расчет показателей надежности нерезервированных систем без восстановления. Расчет показателей надежности резервированных системы с нагруженным резервом с поэлементным и мажоритарным резервированием, систем с перекрестными связями. Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем с ненагруженным резервом при одинаковых и различных интенсивностях отказов	12
3	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	Расчет вероятности безотказной работы и среднего времени наработки до отказа системы с восстановлением. Расчет функции готовности, коэффициента готовности и среднего времени наработки на отказ системы с восстановлением. Построение графов состояний реальных систем с учетом вида отказа, а также условий восстановления.	12
4	Факторы, влияющие на надежность. Испытания на надежность	Получение интервальных оценок показателей надежности для экспоненциального и нормального законов распределения вероятности времени безотказной работы. Планирование контрольных испытаний и обработка результатов испытаний.	4

## 5.2.3 Лабораторный практикум – Не предусмотрен.

## 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Основные понятия теории надежности, показатели надежности невосстанавливаемых систем. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы.	Проработка материалов по конспекту. Проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям, проведение расчетов среде Mathcad	12
2	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем	Проработка материалов по конспекту. Проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям, проведение расчетов среде Mathcad	16
3	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	Проработка материалов по конспекту. Проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям, проведение расчетов среде Mathcad	18
4	Факторы, влияющие на надежность. Испытания на надежность	Проработка материалов по конспекту. Проработка материала по учебникам. Подготовка к практическим занятиям, проведение расчетов среде Mathcad	10,05

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Основная литература**

Дорохов, А. Н. Обеспечение надежности сложных технических систем. [Текст] : Учебник для вузов/ А. Н. Дорохов, В. А. Керножицкий и др. –2011. Изд-во «Лань».

Барметов, Ю. П. Диагностика и надежность автоматизированных систем : учебное пособие : [16+] / Ю. П. Барметов ; науч. ред. В. С. Кудряшов ; Воронежский государственный университет инженерных технологий. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2020. – 149 с. : ил., табл., схем., граф. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612364>

Тетеревков, И. В. Надежность систем автоматизации : учебное пособие : [16+] / И. В. Тетеревков. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 357 с. : ил., табл., схем. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564230>

Галеев, А. Д. Основы надежности технических систем : учебно-методическое пособие : [16+] / А. Д. Галеев, Е. В. Старовойтова, С. И. Поникаров ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 224 с. : ил., табл., схем. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612248>

### **6.2 Дополнительная литература**

Долгин, В. П. Надежность технических систем [Текст] : учебное пособие / В. П. Долгин, А. О. Харченко; Севастопольский гос. универ. - М. : Инфра-М, 2017. - 167 с. - (Вузовский учебник). - 4 экз.

Викторова, В. С. Модели и методы расчета надежности технических систем [Текст] / В. С. Викторова, А. С. Степанянц. - 2-е изд., испр. - М. : Ленанд, 2016. - 256 с. - 4 экз.

ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.

ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.

ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ вида, последствий и критичности отказов.

ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.

ГОСТ Р 50779.26-2007, МЭК 60605-4\_2001 Статистические методы. Точечные оценки, доверительные, предикционные интервалы.

ГОСТ Р 27.607-2013 Надежность в технике (ССНТ). Управление надежностью. Условия проведения испытаний на безотказность и статистические критерии и методы оценки их результатов.

ГОСТ Р 27.403-2009 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы.

ГОСТ 27.402-95 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение

ГОСТ Р27.404-2009 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности

### **6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся**

УМК по дисциплине «Диагностика и надежность автоматизированных систем». Разраб. доц. Барметов Ю. П. <http://www.education.vsu.ru/course/view.php?id=160>

#### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
Научная электронная библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	<a href="https://niks.su/">https://niks.su/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронная библиотека ВГУИТ	<a href="http://biblos.vsu.ru/megapro/web">http://biblos.vsu.ru/megapro/web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
Портал открытого on-line образования	<a href="https://npoed.ru/">https://npoed.ru/</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="https://education.vsu.ru/">https://education.vsu.ru/</a>

#### 6.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2015. – Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>. - Загл. с экрана

#### 6.6 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Microsoft Windows 7 (64 - bit)	Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
Microsoft Windows 8.1 (64 - bit)	Microsoft Open License Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
MicrosoftOffice 2007	Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
MicrosoftOffice 2010	Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>
AdobeReaderXI	(бесплатноеПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volumedistribution.htm">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volumedistribution.htm</a>
Mathcad Prime 3.1	Договор № ТРУБ 27/01/17 с ООО «ВСГ» от 14.02.2017 г. Mathcad Education – University Edition (50 pack) Maintenance Gold

### 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебная аудитория № 405 для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования

(выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Комплект мебели для учебного процесса.

Проектор Epson EB-X41.

**Учебная аудитория № 3096** для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Комплект мебели для учебного процесса.

Рабочие станции (IntelCore i5 – 8400) – 14 шт., мультимедийный проектор с аудио-поддержкой, экран.

Допускается использование других аудиторий в соответствии с расписанием учебных занятий и оснащенных соответствующим материально-техническим или программным обеспечением.

## **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

8.1 **Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине (модулю) определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля) **в виде приложения**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению **27.03.04 Управление в технических системах** и профилю подготовки **Системы автоматизированного управления**.



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-1	способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	теоретические основы и принципы методов анализа и обработки экспериментальной информации	применять численные методы для обработки экспериментальных данных, в том числе, при расчете показателей надежности систем	

## 2. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Основные понятия теории надежности, показатели надежности восстанавливаемых систем. Законы распределения вероятности отказов и безотказной работы.	ПК-1	Собеседование	1 ... 5	Контроль преподавателем
			Тест	29-35	Бланочное или компьютерное тестирование
2	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	ПК-1	Собеседование	6...13	Контроль преподавателем
			Тест	36-45	Бланочное или компьютерное тестирование
			Кейс-задания	51-53	Проверка преподавателем
3	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем	ПК-1	Собеседование	14...18	Контроль преподавателем
			Тест	46-50	Бланочное или компьютерное тестирование
			Кейс-задания	54, 55	Проверка преподавателем
4	Факторы, влияющие на надежность. Испытания на надежность	ПК-1	Собеседование	19...28	Контроль преподавателем

## 3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации (зачет, экзамен)

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 3.1. Вопросы к зачету

#### 3.1.1 Шифр и наименование компетенции

*ПК-1* способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

№ задания	Формулировка вопроса
1.	Основные понятия и определения теории надежности.
2.	Получение статистических показателей надежности путем обработки результатов испытаний или опытной эксплуатации действующих объектов с применением современных информационных технологий и технических средств
3.	Количественные показатели надежности невосстанавливаемых систем: вероятность безотказной работы, вероятность отказа, частота и интенсивность отказов, среднее время наработки до отказа
4.	Функции распределения времени наработки до отказа: экспоненциальное распределение.
5.	Функции распределения времени наработки до отказа: распределение Вейбулла
6.	Функции распределения времени наработки до отказа: нормальное распределение и усеченное нормальное распределение.
7.	Резервирование в АСУ: структурное, функциональное, временное, информационное.
8.	Основные этапы расчета показателей надежности элементов и систем. Расчет показателей надежности невосстанавливаемых систем без резервирования и с нагруженным резервом.
9.	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых резервированных систем с дробной кратностью резервирования и мажоритарным резервированием.
10.	Расчет показателей надежности сложных систем со структурной избыточностью и с перекрестными связями (структурное резервирование с нагруженным резервом).
11.	Потоки отказов в системах: простейший и нестационарный. Ведущая функция и параметр потока. Функция распределения вероятности отказов для простейшего и нестационарного потоков.
12.	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых резервированных систем с ненагруженным резервом и одинаковой интенсивностью отказов
13.	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых резервированных систем с ненагруженным резервом и различной интенсивностью отказов
14.	Расчет показателей надежности невосстанавливаемых резервированных систем с ненагруженным резервом с дробной кратностью резервирования и различной интенсивностью отказов
15.	Количественные показатели надежности восстанавливаемых систем: вероятность восстановления, среднее время и интенсивность восстановления, среднее время наработки на отказ, ресурс, срок службы, функция готовности, коэффициент готовности
16.	Расчет показателей надежности резервированных систем с восстановлением методом переходных вероятностей
17.	Расчет показателей надежности резервированных систем с восстановлением методом переходных интенсивностей
18.	Расчет показателей надежности восстанавливаемых систем управления с резервированием отдельных элементов
19.	Расчет среднего времени наработки на отказ резервированных систем с восстановлением
20.	Факторы, влияющие на надежность систем управления: технические, программные, эксплуатационные
21.	Влияние климатических факторов на надежность систем управления
22.	Учет нестабильности нагрузки на элементы системы при определении показателей надежности для циклического и прерывистого режимов эксплуатации.
23.	Испытания на надежность. Планы определительных испытаний на надежность действующих объектов.
24.	Получение выборочных оценок параметров распределения (выборочного среднего, выборочной дисперсии) для различных планов определительных испытаний
25.	Получение интервальных оценок показателей надежности для экспоненциального распределения вероятности времени безотказной работы
26.	Получение интервальных оценок показателей надежности для нормального распределения вероятности времени безотказной работы.
27.	Контрольные испытания на надежность. Планирование испытаний.
28.	Обеспечение надежности при эксплуатации систем. Расчет количества запасных элементов систем.


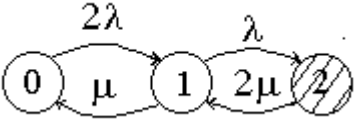
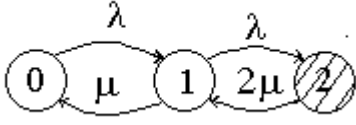
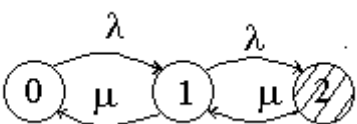
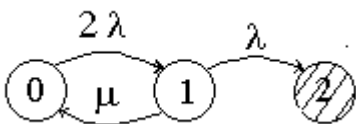
### 3.2. Тесты (тестовые задания)

#### 3.2.1 Шифр и наименование компетенции

**ПК-1** способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

№ задания	Формулировка задания										
29.	Свойство объекта сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки называется _____ Ответ: <b>надежностью</b>										
30.	Состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией называется _____ Ответ: <b>работоспособностью</b>										
31.	Вероятность безотказной работы объекта при изменении времени работы от нуля до бесконечности 1) растет от 0 до 1 <b>2) уменьшается от 1 до 0</b> 3) вначале растет от 0 до 1, затем уменьшается до 0 4) уменьшается от 1 до 0, затем растет до 1										
32.	Вероятность безотказной работы объекта и вероятность его отказа связаны зависимостью 1) $P(t) - Q(t) = 1$ 2) $P(t) + Q(t) = 1$ 3) $P(t) - Q(t) = 0$ 4) $P(t) + Q(t) = 0$										
33.	Интенсивность отказов равна: 1) $f(t)/Q(t)$ 2) $-f(t)/Q(t)$ 3) $f(t)/P(t)$ 4) $-f(t)/P(t)$										
34.	*Среднее время наработки объекта до отказа равно 1) $\int_0^{\infty} f(t)dt$ 2) $\int_0^{\infty} tf(t)dt$ 3) $\int_0^{\infty} Q(t)dt$ 4) $\int_0^{\infty} P(t)dt$										
35.	УСТАНОВИТЕ СООТВЕТСТВИЕ: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Показатель надежности для экспоненциального распределения</th> <th style="width: 40%;">функция</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Вероятность безотказной работы -Б</td> <td>А. <math>1 - \exp(-\lambda t)</math></td> </tr> <tr> <td>2. Вероятность отказа -А</td> <td>Б. <math>\exp(-\lambda t)</math></td> </tr> <tr> <td>3. Плотность распределения вероятности отказов -В</td> <td>В. <math>\lambda \exp(-\lambda t)</math></td> </tr> <tr> <td>4. Интенсивность отказов -Г</td> <td>Г. <math>\lambda</math></td> </tr> </tbody> </table>	Показатель надежности для экспоненциального распределения	функция	1. Вероятность безотказной работы -Б	А. $1 - \exp(-\lambda t)$	2. Вероятность отказа -А	Б. $\exp(-\lambda t)$	3. Плотность распределения вероятности отказов -В	В. $\lambda \exp(-\lambda t)$	4. Интенсивность отказов -Г	Г. $\lambda$
Показатель надежности для экспоненциального распределения	функция										
1. Вероятность безотказной работы -Б	А. $1 - \exp(-\lambda t)$										
2. Вероятность отказа -А	Б. $\exp(-\lambda t)$										
3. Плотность распределения вероятности отказов -В	В. $\lambda \exp(-\lambda t)$										
4. Интенсивность отказов -Г	Г. $\lambda$										
36.	Вероятность безотказной работы системы при отсутствии резервирования элементов равна: 1) $\prod_{i=1}^N P_i(t)$ 2) $1 - \prod_{i=1}^N P_i(t)$ 3) $1 - \prod_{i=1}^N [1 - Q_i(t)]$ 4) $\sum_{i=1}^N P_i(t)$										
37.	Для экспоненциального распределения вероятности безотказной работы элементов в системе без резервирования среднее время наработки системы до отказа равно 1) $\sum_{i=1}^n T_i$ 2) $\sum_{i=1}^n \lambda_i$										

	3) $\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i}$	4) $1 / \sum_{i=1}^n \lambda_i$
38.	Вероятность безотказной работы дублированного элемента с нагруженным резервом равна:	
	1) $P_1(t) + P_2(t)$	2) $P_1(t) \cdot P_2(t)$
	3) $P_1(t) + P_2(t) - P_1(t) \cdot P_2(t)$	4) $P_1(t) \cdot P_2(t) - P_1(t) - P_2(t)$
39.	Вероятность безотказной работы системы с нагруженным резервом и дробной кратностью резервирования для n основных и m резервных элементов равна	
	1) $\sum_{i=1}^{n+m} P_i(t)$	2) $m \prod_{i=1}^n P_i(t)$
	3) $\sum_{i=1} P_{i \text{ с ост ояний}}(t)$	4) $\sum_{i=1} P_{i \text{ рабочих сост ояний}}(t)$
40.	Вероятность безотказной работы системы с двумя основными и одним нагруженным резервным элементом для одинаковых элементов равна	
	1) $P_1^3(t) + 3P_1^2(t)Q_1(t)$	2) $P_1^3(t) + 3P_1(t)Q_1^2(t)$
	3) $Q_1^3(t) + 3P_1^2(t)Q_1(t)$	4) $Q_1^3(t) + 3P_1(t)Q_1^2(t)$
41.	Если вероятность возникновения больше одного события в потоке событий на бесконечно малом интервале времени равна нулю, поток называют	
	1) стационарным	
	2) эргодическим	
	3) <b>ординарным</b>	
	4) без последействия	
42.	Параметр потока событий для интервала времени (0,t) это	
	1) вероятность события	
	2) вероятность n событий	
	3) математическое ожидание числа событий	
	4) <b>производная от математического ожидания числа событий</b>	
43.	Вероятность возникновения n событий в простейшем потоке на интервале времени (0,t) определяется выражением	
	1) $\frac{(\alpha \cdot t)}{n!} \exp(-\alpha \cdot t)$	2) $\frac{(\alpha \cdot t)^n}{n!} \exp(-\alpha \cdot t)$
	3) $\sum_{i=0}^n \frac{(\alpha \cdot t)}{i!} \exp(-\alpha \cdot t)$	4) $\sum_{i=0}^n \frac{(\alpha \cdot t)^i}{i!} \exp(-\alpha \cdot t)$
44.	При скользящем ненагруженном резервировании m одинаковых основных n резервными элементами с экспоненциальным распределением вероятности безотказной работы $\exp(-\lambda t)$ среднее время наработки системы до отказа равно	
	1) $m/\lambda$	
	2) $n/\lambda$	
	3) $(1+n)/m\lambda$	
	4) $n/m\lambda$	
45.	<b>УСТАНОВИТЕ СООТВЕТСТВИЕ:</b>	
	Вид резервирования	Наиболее подходящий метод расчета вероятности отказа
	1. Нагруженный с дробной кратностью - В	А. Метод переходных вероятностей
	2. Ненагруженный с дробной кратностью и одинаковой интенсивностью отказов - Б	Б. Через распределения Пуассона
	3. Ненагруженный с дробной кратностью и различной интенсивностью отказов - А	В. Метод перебора состояний

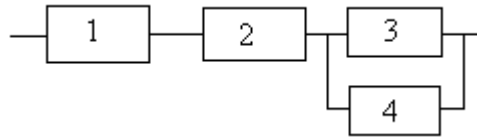
46.	<p>Вероятность <math>R(t)</math> восстановления объекта при изменении времени от нуля до бесконечности</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>растет от 0 до 1</b></li> <li>2) уменьшается от 1 до 0</li> <li>3) вначале растет от 0 до 1 затем уменьшается до 0</li> <li>4) уменьшается от 1 до 0 затем растет до 1</li> </ol>
47.	<p>Для расчета коэффициента готовности системы на графе состояний указываются переходы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>все возможные</b></li> <li>2) только из рабочих в нерабочие состояния</li> <li>3) только из нерабочих в рабочие состояния</li> <li>4) все возможные за исключением переходов из нерабочих в рабочие</li> </ol>
48.	<p>Для расчета среднего времени наработки восстанавливаемой системы до первого отказа на графе состояний указываются переходы</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) все возможные</li> <li>2) только из рабочих в нерабочие состояния</li> <li>3) только из нерабочих в рабочие состояния</li> <li>4) <b>все возможные за исключением переходов из нерабочих в рабочие</b></li> </ol>
49.	<p>Дифференциальное уравнение для первого состояния графа</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>P_1'(t) = 2\lambda P_0(t) + (\lambda + \mu)P_1(t) + 2\mu P_2(t)</math></li> <li>2) <math>P_1'(t) = 2\lambda P_0(t) - (\lambda + \mu)P_1(t) + 2\mu P_2(t)</math></li> <li>3) <math>P_1'(t) = 2\lambda P_0(t) + (\lambda + \mu)P_1(t)</math></li> <li>4) <math>P_1'(t) = 2\lambda P_0(t) - (\lambda + \mu)P_1(t)</math></li> </ol>
50.	<p>Граф состояний дублированного элемента с ненагруженным резервом при одной восстанавливающей бригаде для расчета коэффициента готовности</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>1)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>2)</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p>3)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>4)</p>  </div> </div>

### 3.3. Кейс-задания

#### 3.3.1 Шифр и наименование компетенции

**ПК-1** способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств

№ задания	Формулировка задания
51.	<p>Система без восстановления состоит из двух не резервированных блоков и одного дублированного блока с нагруженным резервом. Среднее время наработки до отказа при экспоненциальном законе распределения для каждого блока равно: <math>T_1=1000</math> час., <math>T_2=2000</math> час. и <math>T_3=T_4=500</math> час. Определить среднее время наработки до отказа системы.</p> <p><b>Решение.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составляем структурную схему системы для расчета надежности</li> </ol>



2. Записываем интенсивности отказов блоков:

$$\lambda_1 = \frac{1}{T_1} = 0.001, \lambda_2 = \frac{1}{T_2} = 0.0005, \lambda_3 = \frac{1}{T_3} = 0.002, \lambda_4 = \frac{1}{T_4} = 0.002, \lambda_4 = \lambda_3.$$

3. Делим условно систему на две части: первый и второй блоки; третий и четвертый.

Вероятность безотказной работы для первого и второго блоков, соединенных последовательно, равна

$$P_{12}(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}.$$

Вероятность безотказной работы третьего, четвертого блоков

$$P_{34}(t) = P_3(t) + P_4(t) - P_3(t) \cdot P_4(t) = 2e^{-\lambda_3 t} - e^{-2\lambda_3 t}$$

4. Вероятность безотказной работы системы

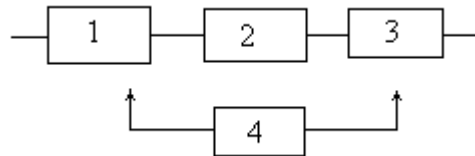
$$P_c(t) = P_{12}(t) \cdot P_{34}(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} (2e^{-\lambda_3 t} - e^{-2\lambda_3 t}) = 2e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)t} - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + 2\lambda_3)t}$$

5. Среднее время наработки до отказа системы

$$T_{cp} = \int_0^{\infty} P_c(t) dt = \frac{2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + 2\lambda_3} = \frac{2}{0.0035} - \frac{1}{0.004} = 321,43 \text{ ч}$$

52. Система без восстановления состоит из трех одинаковых основных блоков и одного резервного. Интенсивность отказа блоков при экспоненциальном законе распределения вероятности составила 0,001 1/час. Найти вероятность отказа системы в течение 200 часов работы, если резервный блок используется в режиме ненагруженного скользящего резервирования

**Решение:**



$$P_c(t) = F_0(t) + F_1(t) = e^{-3\lambda \cdot t} + \lambda \cdot t \cdot e^{-3\lambda \cdot t}$$

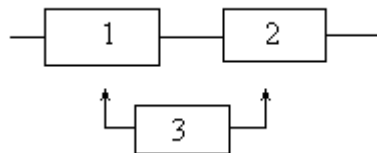
$$P_c(200) = 0,659$$

$$Q_c(200) = 0,341$$

53. Для резервного электроснабжения системы управления предприятия с потребляемой мощностью 100 квт можно использовать три генератора мощностью по 50 квт или 6 по 25 квт. Если интенсивность отказов у всех генераторов одинакова, какая система энергоснабжения имеет лучшие показатели надежности при постоянно включенных всех генераторах (определить среднее время наработки системы до отказа)

**Решение:**

Схема первая



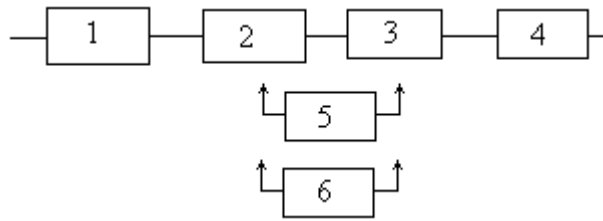
$$P_{c1}(t) = P_1^3(t) + 3P_1^2(t) \cdot Q_1(t) = P_1^3(t) + 3P_1^2(t) - 3P_1^3(t) = 3P_1^2(t) - 2P_1^3(t)$$

$$P_1(t) = e^{-\lambda_1 t} - \text{вероятность безотказной работы одного генератора}$$

$$P_{c1}(t) = 3e^{-2\lambda_1 t} - 2e^{-3\lambda_1 t}$$

$$T_{c1} = \int_0^{\infty} P_{c1}(t) dt = \frac{3}{2\lambda_1} - \frac{2}{3\lambda_1} = \frac{5}{6 \cdot \lambda_1}.$$

Схема вторая



$$P_{c2}(t) = P_1^6(t) + 6P_1^5(t) \cdot Q_1(t) + 15P_1^4(t) \cdot Q_1^2(t) = 15P_1^4(t) - 24P_1^5(t) + 10P_1^6(t)$$

$$P_{c2}(t) = 15e^{-4\lambda_1 t} - 24e^{-5\lambda_1 t} + 10e^{-6\lambda_1 t}$$

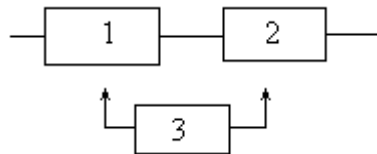
$$T_{c2} = \int_0^{\infty} P_{c2}(t) dt = \frac{15}{4\lambda_1} - \frac{24}{5\lambda_1} + \frac{10}{6 \cdot \lambda_1} = \frac{37}{60 \cdot \lambda_1}$$

Как видно  $T_{c1} > T_{c2}$ , следовательно, первая схема надежнее

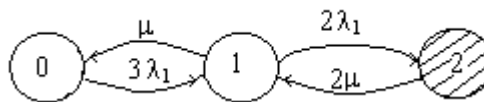
54. Восстанавливаемая система состоит из двух одинаковых основных блоков и одного резервного. Интенсивность отказа блоков при экспоненциальном законе распределения вероятности составила 0,001 1/час, интенсивность восстановления 0,1 1/час.

Найти статический коэффициент готовности системы, если резервный блок используется в нагруженном режиме и восстановление ведут две бригады.

**Решение.** 1. Структурная схема для расчета надежности



2. Граф состояний



3. Система уравнений

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -3\lambda_1 \cdot P_0(t) + \mu \cdot P_1(t),$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -(\mu + 2\lambda_1) \cdot P_1(t) + 3\lambda_1 \cdot P_0(t) + 2\mu \cdot P_2(t)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -2\mu \cdot P_2(t) + 2\lambda_1 \cdot P_1(t)$$

4. Уравнения в преобразованиях Лапласа

$$sP_0(s) - P_0(0) = -3\lambda_1 \cdot P_0(s) + \mu \cdot P_1(s),$$

$$sP_1(s) - P_1(0) = -(\mu + 2\lambda_1) \cdot P_1(s) + 3\lambda_1 \cdot P_0(s) + 2\mu \cdot P_2(s).$$

$$sP_2(s) - P_2(0) = -2\mu \cdot P_2(s) + 2\lambda_1 \cdot P_1(s)$$

Используя начальные условия

$$P_0(0)=1, P_1(0)=0, P_2(0)=0,$$

эту систему переписем в виде:

$$\begin{pmatrix} (s + 3\lambda_1) & -\mu & 0 \\ -3\lambda_1 & s + 2\lambda_1 + \mu & -2\mu \\ 0 & -2\lambda_1 & s + 2\mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_0(s) \\ P_1(s) \\ P_2(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{или } A(s) \cdot P(s) = B$$

5. Решаем матричное уравнение в Mathcad и находим  $P(s)$



$$\lambda_1 := 0.001 \quad \mu := 0.1$$

$$A(s) := \begin{bmatrix} s + 3 \cdot \lambda_1 & -\mu & 0 \\ -(3 \cdot \lambda_1) & s + 2 \cdot \lambda_1 + \mu & -2 \cdot \mu \\ 0 & -2 \cdot \lambda_1 & s + 2\mu \end{bmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$P(s) := A(s)^{-1} \cdot B$$

$$P(s) \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{151000.0 \cdot s + 500000.0 \cdot s^2 + 10000.0}{10303.0 \cdot s + 152500.0 \cdot s^2 + 500000.0 \cdot s^3} \\ \frac{1500.0 \cdot s + 300.0}{10303.0 \cdot s + 152500.0 \cdot s^2 + 500000.0 \cdot s^3} \\ \frac{3.0}{10303.0 \cdot s + 152500.0 \cdot s^2 + 500000.0 \cdot s^3} \end{pmatrix}$$

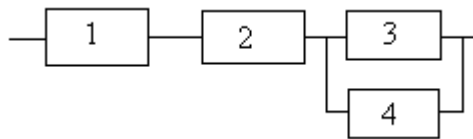
+

$$Kg := \lim_{s \rightarrow 0^+} \left[ (P(s)_0 + P(s)_1) \cdot s \right] \text{ float,6} \rightarrow 0.999709$$

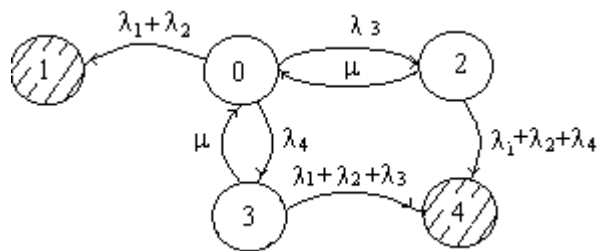
55. Восстанавливаемая система состоит из двух нерезервированных блоков и одного дублированного блока с ненагруженным резервом. Среднее время наработки до отказа при экспоненциальном законе распределения для каждого блока равно:  $t_1=3000$  ч.,  $t_2=6500$  ч.,  $t_3=11000$  ч,  $t_4=500$  ч, среднее время восстановления каждого блока 10 часов. Определить среднее время наработки системы до первого отказа.

Решение.

1. Структурная схема для расчета надежности



2. Граф состояний



3. Интенсивности переходов в Mathcad

$$\lambda_1 := \frac{1}{t_1} \quad \lambda_2 := \frac{1}{t_2} \quad \lambda_3 := \frac{1}{t_3} \quad \lambda_4 := \frac{1}{t_4} \quad \mu := \frac{1}{10}$$

4. Система уравнений для рабочих состояний по графу

$$\frac{d}{dt} P_0(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4) \cdot P_0(t) + \mu \cdot (P_2(t) + P_3(t))$$

$$\frac{d}{dt} P_2(t) = \lambda_3 \cdot P_0(t) - (\mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4) \cdot P_2(t)$$

$$\frac{d}{dt} P_3(t) = \lambda_4 \cdot P_0(t) - (\mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot P_3(t)$$

5. Система уравнений в преобразованиях Лапласа

$$s \cdot P_0(s) - 1 = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4) \cdot P_0(s) + \mu \cdot (P_2(s) + P_3(s))$$

$$s \cdot P_2(s) - 0 = \lambda_3 \cdot P_0(s) - (\mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4) \cdot P_2(s)$$

$$s \cdot P_3(s) - 0 = \lambda_4 \cdot P_0(s) - (\mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3) \cdot P_3(s)$$

6. В матричной форме

$$A(s) \cdot PP(s) = B$$

Обозначение PP введено для того чтобы сохранить порядок нумерации 0, 1, 2 составляющих вектора P, которые имели номера 0, 2, 3.

$$A(s) := \begin{pmatrix} s + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 & -\mu & -\mu \\ -\lambda_3 & s + \mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4 & 0 \\ -\lambda_4 & 0 & s + \mu + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \end{pmatrix}$$

$$B := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

7. Решение уравнения

$$PP(s) := A(s)^{-1} \cdot B$$

8.

Среднее время наработки системы до отказа определяется как

$$T := PP(0)_0 + PP(0)_1 + PP(0)_2$$

$$T = 2.051 \times 10^3$$

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах зачетах;

П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков обучающихся по дисциплине применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине**

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценки	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<b>ПК-1</b> способность выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств					
<b>Знает:</b> основные показатели надежности систем без восстановления и восстанавливаемых систем, методы аппаратного резервирования при проектировании систем управления с заданными показателями надежности; методы определения показателей надежности	Собеседование (зачет)	основные показатели надежности элементов и систем управления; методы аппаратного резервирования при проектировании систем управления с заданными показателями надежности; методы определения показателей надежности	обучающийся, ответил на все или большую часть вопросов и в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся в ответе допустил более пяти ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Умеет:</b> составлять схемы систем для расчета надежности, графы состояния систем, рассчитывать показатели надежности систем без резервирования и с аппаратным резервированием	Тест	Результат тестирования	Более 60 % правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Менее 60 % правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Владеет:</b> математическим аппаратом и программным обеспечением для проектирования систем с заданными показателями надежности	Кейс-задание	Содержание решения	обучающийся грамотно и без ошибок решил задачу	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил задачу, но в вычислениях допустил ошибки	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задачи	Зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задачи	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)