

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 16 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теория надёжности  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение классических методов описания и анализа надёжности технических объектов и систем на стадиях проектирования и эксплуатации на основе системного подхода, основных закономерностей, которым подчиняются процессы наступления отказов технических систем, приобретение умений расчёта показателей надёжности по стохастическим математическим моделям и их анализа по результатам испытаний, ознакомление с существующими и перспективными способами повышения надёжности.

Задачи учебной дисциплины:

- ? изучение функционального назначения теории надёжности в общей системе проектирования технических объектов и технологических процессов, классических подходов к описанию надёжности технических объектов и систем, основных положений теории надёжности;
- ? изучение основ прикладного использования теории вероятностей и математической статистики, законов распределения случайных величин и расчёта характеристик случайных величин;
- ? изучение надёжности как комплексного свойства технических систем, единичных и комплексных показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности;
- ? освоение умений анализа структурных схем надёжности, построения структурных и функциональных моделей надёжности объектов;
- ? освоение умений построения математических моделей надёжности технических объектов, расчёта показателей надёжности технических систем, проведения сравнительного анализа надёжности систем и элементов, экспериментальной обработки, оценки и контроля показателей надёжности изделий;
- ? освоение умений анализировать взаимосвязи между показателями надёжности и технико-экономическими параметрами функционирования технических объектов и систем;
- ? освоение умений определять эффективность методов повышения надёжности изделий и определять рациональные способы повышения надёжности на основе количественных расчётов;
- ? получение опыта проведения параметрических исследований при построении и использовании моделей надёжности технических систем, в том числе в структуре комплексных инженерных расчётов в разработке изделий и технологий, решения конкретных задач обеспечения надёжности.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- научные основы и практические методы использования теории надёжности элементов и систем;
- прикладное использование теории вероятностей и математической статистики при расчёте показателей надёжности;
- свойства, составляющие надёжность элементов и систем и их количественные показатели;
- математические и физические модели надёжности элементов и систем;
- методы расчёта систем на надёжность;
- методы испытаний элементов и систем на надёжность.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-11	ИД-1ОПК-11	знает объективные закономерности и количественные характеристики случайных событий и явлений, законы распределения случайных величин, используемые в теории надёжности, влияние надёжности технических систем на технико-экономические показатели их функционирования	Знает жизненный цикл машиностроительной продукции, содержание технологической подготовки производства, способы обработки материалов, сборки изделий, задачи проектирования технологических процессов, основы использования оборудования, оснастки и инструмента, основные положения и понятия технологии машиностроения	Дифференцированный зачет
ОПК-11	ИД-2ОПК-11	умеет рассчитывать основные количественные показатели надёжности технических систем и их элементов на основе знаний стохастических законов их функционирования; анализировать взаимосвязи структуры технической системы, законов функционирования (плотности вероятности наступления отказов) её элементов и характеристик надёжности	Умеет формулировать служебное назначение изделий машиностроения, определять требования к их качеству, выбирать материалы для их изготовления, разрабатывать технологии и выбирать средства технологического оснащения при разных методах обработки	Отчёт по практическому занятию
ОПК-11	ИД-3ОПК-11	владеет навыками расчёта количественных характеристик событий на основании знания законов распределения случайных величин	Владеет навыком разработки рациональных технологических процессов изготовления продукции, применения инструментов, эффективного оборудования, определения технологических режимов и показателей качества изготовленной продукции	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	знает основные понятия и определения теории надёжности, надёжность объекта как комплексное свойство и его составляющие; методы повышения надёжности технических систем, способы резервирования, методики экспериментального определения показателей надёжности, методы планирования и анализа результатов испытания систем на надёжность	Знает методы проектно-конструкторской работы, закономерности и связи процессов создания машин, подход к формированию множества решений проектной задачи на структурном и конструкторском уровнях, выявления и сравнительной оценки оптимальных вариантов изделий, основы методологии математического моделирования технических систем	Дифференцированный зачет
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	умеет анализировать надёжность технологических систем, рационально применять резервирование и другие методы повышения надёжности технических систем, рассчитывать показатели надёжности элементов и систем по результатам испытаний	Умеет проектировать и конструировать элементы и системы машин, разрабатывать и обосновывать технические решения, удовлетворяющие требуемым показателям служебного назначения изделий, работать с программными системами, предназначенными для математического моделирования, анализировать надёжность технических систем, составлять структурные схемы изделий и производств, разрабатывать их математические модели, разрабатывать изделия сложной геометрии с использованием современных систем геометрического моделирования	Отчёт по практическому занятию
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	владеет опытом решения задач количественных оценок и обоснования заданного уровня обеспечения надёжности, в том числе в структуре комплексных	Владеет навыками выбора аналогов и прототипа конструкции, проектирования конструкции, оценки надёжности технических элементов и систем,	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		инженерных расчётов в разработке изделий и технологий	работы с программными системами математического моделирования, оформления результатов исследования и принятия технических решений, оформления законченных проектно-конструкторских работ	
ПКО-3	ИД-1ПКО-3	знает единичные и комплексные показатели надёжности, их математическое описание, взаимосвязи между показателями надёжности; структуру и порядок построения математических моделей теории надёжности элементов и технических систем	Знает принципы действия и технико-экономические характеристики оборудования, машин, технологических линий, методы определения основных технико-экономических показателей по аналогам, методы проектирования технологической оснастки и специального инструмента, методы моделирования и расчета систем и элементов оборудования машиностроительных производств	Дифференцированный зачет
ПКО-3	ИД-2ПКО-3	умеет использовать на практике основные методы построения математических и физических моделей надёжности, составлять и анализировать структурные схемы надёжности объектов и систем	Умеет выбирать технические данные для обоснованного принятия решений, по проектированию машин и технологического оборудования, определять рациональные режимы работы технологического оборудования, применять в работе средства автоматизации проектирования, выполнять технические расчеты и расчеты экономической эффективности разрабатываемой технологической оснастки и специального инструмента	Отчёт по практическому занятию
ПКО-3	ИД-3ПКО-3	владеет опытом проведения параметрических	Владеет навыками разработки сложных технических и рабочих	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		исследований показателей надёжности при построении и использовании моделей надёжности технических систем	проектов технологической оснастки и специального инструмента, проведения технических расчетов и расчетов экономической эффективности разрабатываемых конструкций, совершенствования, унификации и типизации конструируемой технологической оснастки и специального инструмента	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Общие сведения о теории надёжности. Подходы к описанию функционирования систем в теории надёжности. Математические основы теории надёжности	4	0	2	12
<p>Тема 1. Общие сведения по теории надёжности</p> <p>Теория надёжности: роль в современном машиностроении, основные понятия и определения, свойства, обуславливающие надёжность технических объектов и систем. Классификация отказов. Абстрактное описание процесса функционирования объекта, смена состояний.</p> <p>Основы теории вероятностей и математической статистики. Дискретная и непрерывная случайная величина. Основные характеристики случайной величины. Генеральная совокупность, выборка, функция распределения. Статистическое распределение выборки. Эмпирическая функция распределения. Числовые характеристики статистического распределения. Закон Бернулли.</p> <p>Тема 2. Законы распределения случайных величин, используемые в теории надёжности</p> <p>Дискретные распределения: распределение Бернулли, биномиальное распределение, распределение Пуассона, геометрическое распределение, распределение Паскаля.</p> <p>Непрерывные распределения: нормальное (гауссовское) распределение, показательное (экспоненциальное) распределение, распределение Вейбулла-Гнеденко.</p> <p>Области использования указанных распределений. Композиции законов распределения.</p>				
Показатели надёжности. Детерминированные и стохастические закономерности в теории надёжности	4	0	8	18
<p>Тема 3. Единичные и комплексные показатели надёжности</p> <p>Вероятность безотказной работы и интенсивность отказов, средняя наработка до отказа и гамма-процентная наработка до отказа, параметр потока отказов. Единичные показатели долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.</p> <p>Комплексные показатели надёжности: коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент планируемого применения и коэффициент сохранения эффективности.</p> <p>Тема 4. Аналитические зависимости между показателями надёжности</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Зависимость между вероятностью безотказной работы и средней наработкой до отказа. Связь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов. Связь между вероятностью безотказной работы, интенсивностью отказов и средней наработкой до отказа. Зависимость между плотностью вероятности времени безотказной работы и параметром потока отказов. Связь между вероятностью восстановления и интенсивностью восстановления.				
Расчёт надёжности технических систем	4	0	12	30
<p>Тема 5. Расчёт систем на надёжность</p> <p>Математические модели теории надёжности: общая характеристика и виды моделей, особенности расчёта надёжности сложных систем.</p> <p>Структурные схемы надёжности. Поток отказов и их характеристики. Определение надёжности систем без резервирования: расчёт надёжности при основном соединении элементов.</p> <p>Примеры расчёта функциональной надёжности.</p> <p>Параметрическая надёжность, расчёт параметрической надёжности. Модели параметрических отказов и прогнозирование надёжности в технике. Интенсивность совместных отказов (учёт последствий).</p> <p>Тема 6. Методы расчёта надёжности резервированных систем</p> <p>Введение избыточности: резервирование как метод повышения надёжности и классификация методов резервирования систем. Выигрыш надёжности.</p> <p>Расчёт надёжности при общем и отдельном резервировании. Расчёт надёжности при резервировании систем с дробной кратностью.</p> <p>Резервирование логических элементов (мажоритарное резервирование). Расчёт надёжности при скользящем резервировании. Интенсивность совместных отказов (учёт последствий).</p> <p>Обоснование и распределение требований к надёжности элементов и систем.</p>				
Надёжность объектов при испытаниях и эксплуатации, определение рационального уровня избыточности (резервирования) при проектировании технических объектов и систем	4	0	14	30
<p>Тема 7. Испытания на надёжность</p> <p>Назначение и виды испытаний на надёжность.</p> <p>Определительные испытания: планы проведения испытаний, рассчитываемые показатели надёжности, продолжительность испытаний.</p>				



Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Контрольные испытания: испытания, основанные на числе допустимых отказов, испытания, основанные на последовательном анализе. Ошибки первого рода и второго рода. Отношение правдоподобия и его применение при классификации испытуемых объектов.</p> <p>Определение вида и параметров законов распределения плотности вероятности отказов. Проверка «статистических гипотез».</p> <p>Тема 8. Методы повышения надёжности объектов. Классификация методов повышения надёжности: схемные и конструктивные методы. Зависимость вероятности безотказной работы системы от надёжности и числа элементов. Параметр встроенной надёжности.</p> <p>Выигрыш надёжности по вероятности отказа, средней наработке до отказа, интенсивности отказов и вероятности безотказной работы при различных методах резервирования. Критическое время работы системы для каждого метода резервирования.</p> <p>Способы уменьшения интенсивности отказов для повышения надёжности системы: сокращение времени непрерывной работы и восстановления, влияние периодичности и объёма профилактических мероприятий на надёжность систем.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	36	90
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	90

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение плотности вероятности, интенсивности отказов и вероятности безотказной работы по временным и численным показателям отказов
2	Определение показателей надёжности при различных законах функционирования изделий (плотности вероятности отказов)
3	Расчёт показателей надёжности нерезервированных систем
4	Расчёт надёжности невозстанавливаемых резервированных систем. Решение задач анализа структурных схем надёжности систем с резервированием
5	Решение задач расчёта количественных характеристик процессов испытаний изделий на надёжность

## **5. Организационно-педагогические условия**

### **5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Модель образовательного процесса базируется на деятельностном подходе к процессу обучения, т.е. теоретический курс (лекции) составляет не более 30% аудиторных занятий и основное внимание уделяется освоению студентами практических умений расчёта характеристик и показателей надёжности технических систем.

Занятия проводятся по разработанному курсу лекций и практических занятий, которые студент обязан выполнить в ходе аудиторной и самостоятельной работы.

Технология: студенты изучают основы теории надёжности, знакомятся с принципами математического описания процессов отказов технических объектов и систем. Одновременно с изложением теоретического материала студенты приступают к практическому освоению использования методов расчёта надёжности изделий.

К пассивным методам обучения относятся лекции, во время которых производится передача основ теоретических знаний от преподавателя студентам, ходом занятий управляет преподаватель, студенты выступают в роли пассивных слушателей, при этом студенты усваивают знания, которые должны составлять основу для понимания принципов теории надёжности, используемых расчётных методов и алгоритмов.

К активным и интерактивным методам относятся практические занятия. На практических занятиях (активный метод обучения) студенты под руководством преподавателя приобретают умения количественного и качественного анализа характеристик надёжности функционирования изделий и технологического оборудования. Взаимодействие преподавателя и студентов организуется в форме диалога. Студенты при этом являются активными участниками занятия и при наличии необходимых способностей могут осваивать материал самостоятельно. Таким образом, данный вид занятий является тренингом, в котором основное внимание уделяется практической отработке изучаемого материала, когда обучающиеся имеют возможность развить и закрепить необходимые знания и навыки, сформировать свое отношение к собственному опыту и применяемым подходам.

К интерактивным формам обучения можно отнести самостоятельную работу. Данная форма ориентирована на активность студентов в процессе обучения. Место преподавателя сводится к направлению деятельности студентов на достижение поставленных целей и ограничивается рекомендациями по технике применения математических приёмов, определения методов и структуры расчётов.

### **5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или материалам конспекта лекций рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## **6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

### **6.1. Печатная учебно-методическая литература**

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. - Москва: Юрайт, 2010.	19
2	Острейковский В. А. Теория надежности : учебник для вузов / В. А. Острейковский. - Москва: Высш. шк., 2003.	190
3	Половко А.М. Основы теории надежности : учебное пособие для вузов / А.М. Половко, С.В. Гуров. - СПб: БХВ-Петербург, 2006.	22
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Иванов Б. А. Основы теории надежности и вероятностные методы расчета деталей и узлов машин : конспект лекций / Б. А. Иванов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1996.	46
2	Тимошенко С. П. Основы теории надёжности : учебник и практикум для бакалавриата / С. П. Тимошенко, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. - Москва: Юрайт, 2015.	8
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Долинов Д. Л. Основы теории надежности : конспект лекций. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4994">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4994</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Ефремов А.А. Теория надежности Конспект лекций	<a href="https://portal.tpu.ru/SHARE/D/a/ALEXEYEFREMOV/tutoring/Tab/Reliability_lectures.pdf">https://portal.tpu.ru/SHARE/D/a/ALEXEYEFREMOV/tutoring/Tab/Reliability_lectures.pdf</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Персональный компьютер	1
Лекция	Электронный проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	20

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Теория надёжности»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Технология, проектирование и автоматизация процессов машиностроения
<b>Квалификация выпускника:</b>	Бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Инновационные технологии машиностроения
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 4

**Семестры:** 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачёт: 7 семестр

Пермь 2020

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

## 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям и дифференцированного зачёта (7-й семестр). Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный
	ТО	ОПЗ	КР		Дифф. зачёт
<b>Усвоенные знания</b>					
<input type="checkbox"/> 3.1. объективные закономерности и количественные характеристики случайных событий и явлений, законы распределения случайных величин, используемые в теории надёжности		ТО1		КР1	ТВ
<input type="checkbox"/> 3.2. влияние надёжности технических систем на технико-экономические показатели их функционирования		ТО2		КР2	ТВ
<b>3.3.</b> единичные и комплексные показатели надёжности, их математическое описание, взаимосвязи между показателями надёжности		ТО3		КР1	ТВ
<input type="checkbox"/> 3.4. структуру и порядок построения математических моделей теории надёжности элементов и технических систем		ТО4		КР2	ТВ
<input type="checkbox"/> 3.5. основные понятия и определения теории надёжности, надёжность объекта как комплексное свойство и его составляющие		ТО5		КР1	ТВ
<input type="checkbox"/> 3.6. методы повышения надёжности технических систем, способы резервирования		ТО6		КР2	ТВ
<input type="checkbox"/> 3.7. методики экспериментального определения		ТО7		КР2	ТВ

показателей надёжности, методы планирования и анализа результатов испытания систем на надёжность						
<b>Освоенные умения</b>						
<input type="checkbox"/> <b>У.1.</b> рассчитывать основные количественные показатели надёжности технических систем и их элементов на основе знаний стохастических законов их функционирования			ОП31 ОП32	КР1		<i>ПЗ</i>
<input type="checkbox"/> <b>У.2.</b> анализировать взаимосвязи структуры технической системы, законов функционирования (плотности вероятности наступления отказов) её элементов и характеристик надёжности			ОП33 ОП34	КР2		<i>ПЗ</i>
<b>У.3.</b> использовать на практике основные методы построения математических и физических моделей надёжности, составлять и анализировать структурные схемы надёжности объектов и систем			ОП34 ОП35	КР2		<i>ПЗ</i>
<b>У.4.</b> анализировать надёжность технологических систем, рационально применять резервирование и другие методы повышения надёжности технических систем			ОП35	КР2 КР2		<i>ПЗ</i>
<b>У.5.</b> рассчитывать показатели надёжности элементов и систем по результатам испытаний			ОП35	КР2		<i>ПЗ</i>
<b>Приобретённые владения</b>						
<b>В.1.</b> навыками расчёта количественных характеристик событий на основании знания законов распределения случайных величин			ОП31 ОП32 ОП33			<i>ПЗ</i>
<b>В.2.</b> опытом проведения параметрических исследований показателей надёжности при построении и использовании моделей надёжности технических систем			ОП33 ОП34 ОП35			<i>ПЗ</i>
<b>В.3.</b> опытом решения задач количественных оценок и обоснования заданного уровня обеспечения надёжности, в том числе в структуре комплексных инженерных расчётов в разработке изделий и технологий			ОП35			<i>ПЗ</i>

*ТО – коллоквиум (теоретический опрос), ОПЗ – отчет по практическому занятию; КР – рубежная контрольная работа; ПЗ – практическое задание*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачёта, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов по практическим занятиям и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита отчетов по практическим занятиям**

Всего запланировано 5 практических занятий. Темы практических занятий и их общее описание приведены в РПД.

Представление отчетов по практическим занятиям проводится индивидуально каждым студентом или группами по 2 человека. Типовые шкалы и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Основные понятия, количественные показатели надёжности и стохастические модели процессов функционирования машин и обработки материалов. Математические основы теории надёжности. Расчёт надёжности технических систем», вторая КР – по модулю 2 «Надёжность объектов при испытаниях и эксплуатации. Методы повышения надёжности».

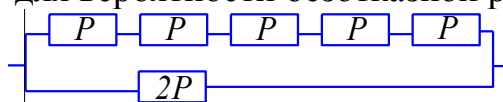
#### **Типовые задания первой КР:**

1. Приведите схему общей классификации отказов.  
2. Напишите формулу распределения Вейбулла-Гнеденко, поясните физический смысл параметров распределения и назовите области применения данного распределения.

3. Составьте схему отдельного резервирования с постоянно включенным резервом и напишите формулу для вероятности безотказной работы такой системы.



4. Составьте формулу для вероятности безотказной работы системы



5. Перечислите комплексные показатели надёжности и дайте определение комплексного показателя.

6. Перечислите единичные показатели долговечности и приведите их математическое описание.

7. Приведите схему общей классификации методов резервирования.

### Типовые задания второй КР:

1. Классифицируйте виды испытаний на надёжность, перечислите параметры, определяемые в ходе испытаний и формулы их расчёта.

2. Классификация методов повышения надёжности: схемные и конструктивные методы, их сущность и области применения.

3. Что такое «критическое время работы» для резервированной системы и как его определить?

4. Определить приближенно объем  $N$  испытаний для оценки средней наработки до отказа с ошибкой  $\epsilon$  не более 25 час. при вероятности  $\alpha=0,90$ , если  $\sigma_0$  ориентировочно равно 50 час.

5. При испытаниях 10 объектов по плану  $[N, U, N]$  определено  $T_0=50$  час. Оценить  $P(t)$  для  $t=100$  час и найти верхнюю границу с вероятностью  $\alpha=0,90$ .

Задания контрольных работ могут быть представлены в форме тестов.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.3. Выполнение заданий практических занятий

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине используются задания практических занятий.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной магистерской программы.

### 2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача отчётов по всем практическим занятиям и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### 2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Оценка зачёта по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих заданий студента (отчётов по практическим занятиям) и рубежных контрольных работ по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части

ФОС образовательной программы.

## 2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачёта по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

### 2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

#### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Перечислите основные показатели ремонтпригодности и приведите их математическое описание.

2. Напишите формулу распределения Пуассона, поясните смысл параметров распределения и назовите области применения данного распределения.

3. Определение свойства надёжности и его компонентов.

4. Приведите общую схему смены состояний объекта при моделировании надёжности.

5. Классификация и характеристика математических моделей теории надёжности.

6. Классификация методов испытаний изделий на надёжность. Планы испытаний.

#### Типовые практические задания для контроля освоенных умений:

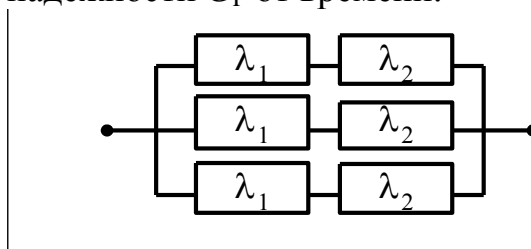
1. Интенсивность отказа электромеханического устройства зависит от времени и определяется следующей формулой:

$$\lambda_2(t) = 0,16 \cdot 10^{-3} \cdot t \text{ [1/час]}$$

Определить зависимости  $P(t)$  и  $f(t)$ , построить их графики, рассчитать  $T_{\text{ср}}$ .

Рассчитать вероятность безотказной работы изделия в течение 100 часов.

2. Схема расчета надежности изделия приведена на рисунке. Требуется определить интенсивность отказов изделия при  $t=100$  час, если интенсивности отказов элементов имеют следующие значения:  $\lambda_1=0,23 \cdot 10^{-3}$  1/час,  $\lambda_2=0,1 \cdot 10^{-3}$  1/час. Также необходимо построить графики зависимости интенсивности отказов изделия  $\lambda_c$  и выигрыша надёжности  $G_p$  от времени.



3. С целью контроля надежности проведены испытания 20 ( $N=20$ ) восстанавливаемых объектов, при этом зарегистрировано 2 отказа. Необходимо решить, принять партию или забраковать, если контроль производится в интересах заказчика. Партия считается плохой, когда вероятность отказа в

каждом одиночном испытании составляет  $q_1 \geq 0,1$ . Решение должно быть принято с риском  $\beta=0,08$ .

### **Типовые практические задания для контроля приобретенных владений:**

1. Пусть система состоит из  $n=1000$  элементов, соединённых последовательно, длительность её работы 2000 ч., элементы из которых состоит система, высоконадёжны и имеют интенсивность отказов  $\lambda=0,2 \cdot 10^{-6}$  1/час. Заданная вероятность безотказной работы системы  $P_{тр}=0,99$ . Определить, какая схема структурного резервирования для достижения заданной надёжности более рациональна: резервирование с постоянно включенным резервом или резервирование замещением? Будет ли решение зависеть от заданной наработки объекта? Построить графики выигрышей надёжности по  $P(t)$  и  $\lambda(t)$  для резервированной системы.

2. Система состоит из  $(k+1)$  параллельно соединённых равнонадёжных подсистем, вероятность безотказной работы каждой из которых  $P(t)=\exp(-\lambda t)$ . Интенсивность отказов  $\lambda=0,2 \cdot 10^{-4}$  1/час. Резерв пассивный с неизменной нагрузкой. Определить требуемую кратность резервирования  $k$ , чтобы вероятность безотказной работы была не ниже заданной  $P_{зад}=0,99$  в течение работы изделия 10000 ч. Построить зависимости  $P_c(t)$  и  $\lambda_c(t)$ .

3. Время безотказной работы блока аппаратуры подчинено усечённому нормальному закону с параметрами  $m=8000$  ч,  $\sigma=1000$  ч, 2000 ч, 3000 ч, 4000 ч. Определить вероятность безотказной работы блока для значений наработки 4000, 6000, 8000, 10000 ч. Вычислить  $T_{ср}$  и построить графики зависимостей  $P(t)$  для каждого значения  $\sigma$ . Сделать вывод о том, как влияет величина  $\sigma$  на изменение  $P(t)$  для времён меньших и больших, чем  $m$ .

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на дифференцированном зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам

промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.