

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «*Высшая математика*»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

*Б1.О.22 «ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ»*

для специальности

*23.05.04 «Эксплуатация железных дорог»*

по специализации

*«Грузовая и коммерческая работа»*

*«Магистральный транспорт»*

*«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта»*

*«Транспортный бизнес и логистика»*

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург  
2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
«Высшая математика»  
Протокол № 7 от 22 марта 2022 г.

Заведующий кафедрой  
«Высшая математика»  
22 марта 2022 г.



Е.А. Благовещенская

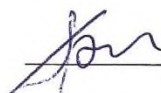
### СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
«Грузовая и коммерческая работа»  
20 03 2022 г.



Е.К. Коровяковский

Руководитель ОПОП ВО  
«Магистральный транспорт»  
20 03 2022 г.



А.С. Бессолицын

Руководитель ОПОП ВО  
«Пассажирский комплекс  
железнодорожного транспорта»  
30 03 2022 г.



И.Ю. Романова

Руководитель ОПОП ВО  
«Транспортный бизнес и логистика»  
30 03 2022 г.



П.К. Рыбин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «*Основы теории надежности*» (Б1.О.22) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.05.04 «*Эксплуатация железных дорог*» (далее – ФГОС ВО), утвержденного «27» марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 216.

Целью изучения дисциплины является подготовка обучающихся к организации проектирования транспортных объектов с учетом требований надежности к основным системам и объектам железнодорожного транспорта.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- формирование у обучающихся знаний понятийного аппарата теории надежности, методов и способов повышения надежности объекта на протяжении жизненного цикла;
- формирование умений самостоятельно анализировать надежность сложных технических объектов;
- овладение навыками расчета показателей надежности сложных систем (транспортных объектов);
- формирование у обучающихся представлений о методах восстановления работоспособности объектов в условиях эксплуатации.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций (части компетенций). Сформированность компетенций (части компетенций) оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

<b>Индикаторы достижения компетенций</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<i>ОПК-4. Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов.</i>	
<i>ОПК-4.1.1. Знает требования нормативных документов в области проектирования и расчета транспортных объектов.</i>	<i>Обучающийся знает:</i> – <i>требования к показателям надежности и анализу надежности в области проектирования и расчета транспортных объектов.</i>
<i>ОПК-4.2.1. Умеет выполнять необходимые расчеты при проектировании транспортных объектов.</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> – <i>выполнять необходимые расчеты показателей надежности и проводить анализ надежности при проектировании транспортных объектов.</i>

## 3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	64
В том числе:	
– лекции (Л)	32
– практические занятия (ПЗ)	16
– лабораторные работы (ЛР)	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	40
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	108 / 3

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	16
В том числе:	
– лекции (Л)	8
– практические занятия (ПЗ)	4
– лабораторные работы (ЛР)	4
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	88
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	108 / 3

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	<i>Введение в теорию надежности</i>	<b>Лекция 1.</b> Терминология, основные понятия теории надежности, обзор применяемых моделей и методов, способы повышения надежности технических объектов.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
		<b>Лабораторное занятие 1.</b> Терминология, основные понятия теории надежности, обзор применяемых моделей и методов, способы повышения надежности технических объектов.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) и 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
2	<i>Количественные показатели надежности</i>	<b>Лекция 2.</b> Количественные показатели надежности невозстанавливаемых объектов: вероятность безотказной работы, функция надежности, плотность вероятности безотказной работы, функция интенсивности отказов, среднее время наработки до отказа.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<b>Лекция 3.</b> Статистические оценки показателей надежности. Показатели надежности восстанавливаемых объектов и их статистические оценки.	
		<b>Практическое занятие 1.</b> Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов: вероятность безотказной работы, функция надежности, плотность вероятности безотказной работы, функция интенсивности отказов, среднее время наработки до отказа, Статистические оценки показателей надежности. Показатели надежности восстанавливаемых объектов и их статистические оценки.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Лабораторное занятие 2.</b> Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов: вероятность безотказной работы, функция надежности, плотность вероятности безотказной работы, функция интенсивности отказов, среднее время наработки до отказа, Статистические оценки показателей надежности. Показатели надежности восстанавливаемых объектов и их статистические оценки.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
3	<i>Модельные распределения времени наработки до отказа</i>	<b>Лекция 4.</b> Вероятностные распределения, применяемые в качестве моделей для интервалов времени наработки до отказа, между отказами и времени восстановления (экспоненциальное, Эрлагга, Вейбулла, усеченное нормальное, логнормальное). <b>Лекция 5.</b> Вычисление показателей надежности для основных распределений. <b>Лекция 6.</b> Статистическая проверка гипотез о распределении времени наработки до отказа.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Практическое занятие 2.</b> Вероятностные распределения, применяемые в качестве моделей для интервалов времени наработки до отказа, между отказами и времени восстановления (экспоненциальное, Эрлагга, Вейбулла, усеченное нормальное, логнормальное). Вычисление показателей надежности для основных распределений. Статистическая проверка гипотез о распределении времени наработки до отказа.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Лабораторное занятие 3.</b> Вычисление показателей надежности для основных распределений. <b>Лабораторное занятие 4.</b> Статистическая	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		проверка гипотез о распределении времени наработки до отказа.	
		<b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
4	Анализ надежности структурных схем	<b>Лекции 7-8.</b> Последовательные, параллельные, к-из-т, параллельно-последовательные, мостиковые структуры. Соответствующие им функции структуры. <b>Лекция 9.</b> Расчет надежности структурных схем, основанный на свойствах вероятности.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Практическое занятие 3.</b> Последовательные, параллельные, к-из-т, параллельно-последовательные, мостиковые структуры. Соответствующие им функции структуры. <b>Практическое занятие 4.</b> Расчет надежности структурных схем, основанный на свойствах вероятности.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
5	Считающие процессы	<b>Лекции 10-11.</b> Однородный процесс Пуассона.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Практическое занятие 5.</b> Однородный процесс Пуассона.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
6	Марковские процессы	<b>Лекция 12.</b> Определение цепи Маркова с непрерывным временем. <b>Лекция 13.</b> Уравнения Колмогорова-Чепмена, Матрица интенсивностей переходов состояний. дифференциальные уравнения Колмогорова, система уравнений для определения стационарных вероятностей.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Практическое занятие 6.</b> Определение цепи Маркова с непрерывным временем. Уравнения Колмогорова-Чепмена, Матрица интенсивностей переходов состояний. дифференциальные уравнения Колмогорова, система уравнений для	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		определение стационарных вероятностей.	
		<b>Лабораторное занятие 5.</b> Определение цепи Маркова с непрерывным временем. Уравнения Колмогорова-Чепмена, Матрица интенсивностей переходов состояний. дифференциальные уравнения Колмогорова, система уравнений для определение стационарных вероятностей.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
7	<i>Марковские модели в теории надежности</i>	<b>Лекции 14-16.</b> Примеры применения теории цепей Маркова для расчета надежности технических систем.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Практические занятия 7-8.</b> Примеры применения теории цепей Маркова для расчета надежности технических систем.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Лабораторные занятия 6-8.</b> Примеры применения теории цепей Маркова для расчета надежности технических систем.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	<i>Введение в теорию надежности</i>	<b>Лекция 1 (1 час).</b> Терминология, основные понятия теории надежности, обзор применяемых моделей и методов, способы повышения надежности технических объектов.	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1
2	<i>Количественные показатели надежности</i>	<b>Лекция 2 (1 час).</b> Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов: вероятность безотказной работы, функция надежности, плотность вероятности безотказной работы, функция интенсивности отказов, среднее время наработки до отказа. Статистические оценки показателей надежности. Показатели надежности восстанавливаемых объектов и	ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>их статистические оценки.</p> <p><b>Практическое занятие 1 (2 часа).</b>Количественные показатели надежности невосстанавливаемых объектов: вероятность безотказной работы, функция надежности, плотность вероятности безотказной работы, функция интенсивности отказов, среднее время наработки до отказа, Статистические оценки показателей надежности. Показатели надежности восстанавливаемых объектов и их статистические оценки.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i></p>	<p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p> <p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p>
3	<i>Модельные распределения времени наработки до отказа</i>	<p><b>Лекция 3 (1 час).</b>Вероятностные распределения, применяемые в качестве моделей для интервалов времени наработки до отказа, между отказами и времени восстановления (экспоненциальное, Эрлагга, Вейбулла, усеченное нормальное, логнормальное).Вычисление показателей надежности для основных распределений.Статистическая проверка гипотез о распределении времени наработки до отказа.</p> <p><b>Лабораторное занятие 1 (2 часа).</b>Вычисление показателей надежности для основных распределений.Статистическая проверка гипотез о распределении времени наработки до отказа.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i></p>	<p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p> <p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p> <p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p>
4	<i>Анализ надежности структурных схем</i>	<p><b>Лекции 4 (2 часа).</b>Последовательные, параллельные, к-из-м, параллельно–последовательные, мостиковые структуры.Соответствующие им функции структуры.Расчет надежности структурных схем, основанный на свойствах вероятности.</p> <p><b>Практическое занятие 2 (2 часа).</b>Последовательные, параллельные, к-из-м, параллельно–последовательные, мостиковые структуры.Соответствующие им функции структуры.Расчет надежности структурных схем, основанный на свойствах вероятности.</p> <p><b>Самостоятельная работа.</b></p>	<p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p> <p>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</p> <p>ОПК-4.1.1</p>



№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<i>Закрепление лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-4.2.1</i>
5	<i>Считающие процессы</i>	<b>Лекция 5 (1 час).</b> Однородный процесс Пуассона.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
6	<i>Марковские процессы</i>	<b>Лекция 6 (1 час).</b> Определение цепи Маркова с непрерывным временем. Уравнения Колмогорова-Чепмена, Матрица интенсивностей переходов состояний. дифференциальные уравнения Колмогорова, система уравнений для определение стационарных вероятностей.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
7	<i>Марковские модели в теории надежности</i>	<b>Лекция 7 (1 час).</b> Примеры применения теории цепей Маркова для расчета надежности технических систем.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
		<b>Лабораторное занятие 2 (2 часа).</b> Примеры применения теории цепей Маркова для расчета надежности технических систем.	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>
		<b>Самостоятельная работа.</b> <i>Закрепление лекционного материала. Изучение печатных изданий (по темам лекций настоящего раздела) п 8.5 настоящей рабочей программы.</i>	<i>ОПК-4.1.1 ОПК-4.2.1</i>

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Введение в теорию надежности	2	-	2	2	6
2	Количественные показатели надежности	4	2	2	6	14
3	Модельные распределения времени наработки до отказа	6	2	4	6	18
4	Анализ надежности структурных схем	6	4	-	8	18
5	Считающие процессы	4	2	-	4	10
6	Марковские процессы	4	2	2	6	14

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
7	Марковские модели в теории надежности	6	4	6	8	24
	<b>Итого</b>	32	16	16	40	104
<b>Контроль</b>						4
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						108

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Введение в теорию надежности	1	-	-	4	5
2	Количественные показатели надежности	1	2	-	10	13
3	Модельные распределения времени наработки до отказа	1	-	2	20	23
4	Анализ надежности структурных схем	2	2	-	20	24
5	Считающие процессы	1	-	-	6	5
6	Марковские процессы	1	-	-	8	9
7	Марковские модели в теории надежности	1	-	2	20	23
	<b>Итого</b>	8	4	4	88	104
<b>Контроль</b>						4
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						108

#### **6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

#### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

#### **8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине**

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные

специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры «Компьютерный класс» оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](https://ibooks.ru) («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://biblio-online.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (OpenScience), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-27-002-89>

2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения/Е.С.Вентцель, Л.А.Овчаров. – М.: Изд. Академия, 2003. – 464 с.
3. Гнеденко Б.В.} Математические методы в теории надежности: Основные характеристики надежности и их статистический анализ/Б.В.Гнеденко, Ю.К.Беляев, А.Д. Соловьев. – 8-е изд., стер. – М.,: URSS, 2019.– 584 с.

4. Зверев Г.Я. Оценка надежности изделия в процессе эксплуатации/ Г.Я.Зверев. – 2-е изд., стер. – М.: ЛЕНАНД, 2010.- 96 с.

5. Кельберт М.Я. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т2: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения/М.Я.Кельберт, Ю.М.Сухов. – М.: МЦНМО, 2010. – 560 с.

6. Острейковский В.А. Теория надежности/ В.А.Острейковский. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.

7. Половко А.М. Основы теории надежности: практикум/А.М.Половко, С.М.Гуров. – СПб.,: БХВ-Петербург, 2006. – 560 с.

8. Рябинин И.А. Надежность и безопасность сложных систем/ И.А.Рябинин. – СПб.,: Политехника, 2000. – 248 с.

9. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И.А.Рябинин. – СПб.: Изд. С.-Петербур. ун-та, 2007. – 276 с.

10. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем / И.А.Ушаков. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

11. Ушаков И.А. Откуда пошла надежность на Руси / И.А.Ушаков. – электр. жур.-л. – Методы менеджмента и качества, РИА “Стандарты и качество”, – 2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria-stk.ru/mmqa/detail.php?ID=16547>.

12. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: учеб. Пособие / Г.Н.Черкесов. – СПб.,: Питер, 2005. – 479 с.

13. Боровских Ю.В., Грибкова Н.В. Системы обслуживания, Уч. пособие, СПб, ПГУПС, 1995. – 141 с.

14. Боровских Ю.В., Гадасина Л.В., Грибкова Н.В. Системы и сети с очередями в MatLAB / Метод указания, СПб, ПГУПС, 2004. – 60 с.

15. Дьяконов В.П. MatLAB 6: Учебный курс. — СПб: Питер, 2001. – 592 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

– Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: [my.pgups.ru](http://my.pgups.ru) — Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Разработчик рабочей программы, профессор  
22 марта 2022 г.



Н.В. Грибкова

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

дисциплины

*Б1.О.22 «ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ»*

для специальности

*23.05.04 «Эксплуатация железных дорог»*

по специализации

*«Грузовая и коммерческая работа»*

*«Магистральный транспорт»*

*«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта»*

*«Транспортный бизнес и логистика»*

2022

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Оценочные материалы рассмотрены и утверждены на заседании кафедры  
«Высшая математика»  
Протокол № 7 от 22 марта 2022 г.

Заведующий кафедрой  
«Высшая математика»  
22 марта 2022 г.



Е.А. Благовещенская

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
«Грузовая и коммерческая работа»  
30 03 20 22 г.



Е.К. Коровяковский

Руководитель ОПОП ВО  
«Магистральный транспорт»  
30 03 20 22 г.



А.С. Бессолицын

Руководитель ОПОП ВО  
«Пассажирский комплекс  
железнодорожного транспорта»  
30 03 20 22 г.



И.Ю. Романова

Руководитель ОПОП ВО  
«Транспортный бизнес и логистика»  
30 03 20 22 г.



П.К. Рыбин

**1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы**

Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы, приведены в п. 2 рабочей программы.

**2. Задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих индикаторы достижения компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы**

Перечень материалов, необходимых для оценки индикатора достижения компетенций, приведен в таблицах 2.1 и 2.2.

Т а б л и ц а 2.1

Для очной формы обучения

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<i>ОПК-4. Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов.</i>		
<i>ОПК-4.1.1. Знает требования нормативных документов в области проектирования и расчета транспортных объектов.</i>	<i>Обучающийся знает: требования к показателям надежности и анализу надежности в области проектирования и расчета транспортных объектов.</i>	<i>Типовые расчеты №№1-3 Лабораторные работы №№1-3 Тестирования №№1-3 Вопросы к зачету №№1-29</i>
<i>ОПК-4.2.1. Умеет выполнять необходимые расчеты при проектировании транспортных объектов.</i>	<i>Обучающийся умеет: выполнять необходимые расчеты показателей надежности и проводить анализ надежности при проектировании транспортных объектов.</i>	<i>Типовые расчеты №№1-3 Лабораторные работы №№1-3 Тестирования №№1-3 Вопросы к зачету №№1-29</i>

Т а б л и ц а 2.2

Для заочной формы обучения

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<i>ОПК-4. Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов.</i>		
<i>ОПК-4.1.1. Знает требования нормативных документов в области проектирования и</i>	<i>Обучающийся знает: требования к показателям надежности и анализу надежности в области проектирования и расчета транспортных объектов.</i>	<i>Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Лабораторные работы №№1-2 Вопросы к зачету №№1-</i>



<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции</b>
<i>расчета транспортных объектов.</i>		29
<i>ОПК-4.2.1. Умеет выполнять необходимые расчеты при проектировании транспортных объектов.</i>	<i>Обучающийся умеет: выполнять необходимые расчеты показателей надежности и проводить анализ надежности при проектировании транспортных объектов.</i>	<i>Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Лабораторные работы №№1-2 Вопросы к зачету №№1-29</i>

### **Материалы для текущего контроля**

Для проведения текущего контроля по дисциплине обучающийся должен выполнить следующие задания

#### Перечень и содержание типовых расчетов

##### **Типовой расчет 1 – Определение количественных показателей надежности**

- 1) Аналитическое определение количественных показателей надежности объекта для типичных распределений времени безотказной работы.
- 2) Статистические оценки показателей надежности на основе результатов испытаний на надежность

##### **Типовой расчет 2 – Расчет надежности структурных схем**

- 1) Нахождение функции структуры.
- 2) Параллельно-последовательные, k- из-m- структуры, мостиковые структуры
- 3) Нахождение минимальных путей и разрезов.
- 4) Сведение к упрощенным параллельно-последовательным схемам.
- 5) Вычисление надежности структурных схем.

##### **Типовой расчет 3 – Марковские модели в теории надежности**

- 1) Нахождение возможных состояний восстанавливаемых систем.
- 2) Нахождение матрицы интенсивностей переходов состояний.
- 3) Написание дифференциальных уравнений Колмогорова для вероятностей состояний системы.
- 4) Определение стационарных вероятностей состояний системы.
- 5) Вычисление характеристик надежности с использованием стационарных вероятностей.

#### Перечень и содержание тестов

##### **Тестирование 1- Терминология теории надежности , количественные показатели надежности**

- 1) Объект, система, элемент, отказ, безотказность.
- 2) Надежность объекта,
- 3) Нарботка до отказа.
- 4) Восстанавливаемые и невосстанавливаемые системы.
- 5) Время восстановления, готовность.
- 6) Коэффициент средней готовности.
- 7) Резервирование, виды резервирования: нагруженный резерв,

ненагруженный, облегченный (частично нагруженный).

- 8) Функция распределения времени безотказной работы.
- 9) Функция надежности.
- 10) Интенсивность отказов.
- 11) Время наработки до отказа, среднее время наработки.
- 12) Среднее остаточное время наработки до отказа.
- 13) Функция надежности.
- 14) Функция интенсивности отказов.
- 15) Статистические оценки показателей надежности.
- 16) Показатели надежности восстанавливаемых систем.
- 17) Статистические оценки показателей надежности восстанавливаемых систем.

### **Тестирование 2- Модели времени наработки до отказа. Анализ надежности структурных схем**

- 1) Экспоненциальное распределение, показатели надежности при экспоненциальном распределении
- 2) Распределение Эрланга, показатели надежности.
- 3) Распределение Вейбулла, показатели надежности.
- 4) Усеченное нормальное распределение показатели надежности..
- 5) Логнормальное распределение.
- 6) Распределения экстремальных значений.
- 7) Функции структуры для блок-схем надежности разного типа.
- 8) Параллельные и последовательные структуры.
- 9) k-из -m структуры.
- 10) Мостиковые структуры.
- 11) Метод разложения функции структуры относительно основного элемента.
- 12) Вычисление надежности для разного типа блоковых структур.

### **Тестирование 3- Марковские модели в теории надежности**

- 1) Считающие процессы.
- 2) Однородный процесс Пуассона, его свойства.
- 3) Процесс восстановления.
- 4) Цепи Маркова с непрерывным временем.
- 5) Уравнения Колмогорова-Чепмена.
- 6) Матрица интенсивностей переходов.
- 7) Дифференциальные уравнения Колмогорова.
- 8) Уравнения для стационарных вероятности состояний.
- 9) Понятие о вложенной цепи Маркова.
- 10) Применение марковских процессов для описания функционирования восстанавливаемых систем.

В СДО в части дисциплины «Самостоятельная работа» размещен обучающий тест по разделу дисциплины №1. Количество попыток ответа на вопросы теста не ограничено.

#### Перечень и содержание лабораторных работ

#### **Лабораторная работа 1 – Анализ данных времени наработки до отказа**

- 1) Первичная обработка данных наблюдений
- 2) Нахождение статистических оценок показателей (среднее, дисперсия, асимметрия, эксцесс).
- 3) Построение гистограммы относительных частот.
- 4) Выдвижение гипотезы о виде распределения времени наработки до отказа.
- 5) Проверка гипотезы с помощью критерия Колмогорова.
- 6) Проверка гипотезы с помощью критерия Пирсона (хи-квадрат)
- 7) Подготовка отчета.

## **Лабораторная работа 2 – Имитационное моделирование реализации процесса отказов и восстановлений**

- 1) Моделирование процесса Пуассона.
- 2) Моделирование процесса восстановления.
- 1) Расчет показателей надежности систем методом Монте-Карло на основе моделирования реализаций процессов.

## **Лабораторная работа 3 – Нахождение стационарных и нестационарных вероятностей состояний систем, описываемых с помощью марковских процессов.**

- 1) Анализ состояний марковской системы.
- 2) Нахождение состояний и матрицы вероятностей переходов.
- 3) Нахождение нестационарных вероятностей состояний как функций времени.
- 4) Решение системы уравнений для стационарных вероятностей системы.
- 5) Нахождение количественных характеристик надежности марковской системы на основе стационарных вероятностей.

### Перечень и содержание контрольных работ

#### **Контрольная работа (часть 1) – Расчет надежности структурных схем**

- 1) Нахождение функций структуры.
- 2) Расчет показателей надежности структур различного типа.

#### **Контрольная работа (часть 2) – Нахождение количественных показателей надежности (аналитическими и статистическими методами)**

- 1) Вычисление показателей надежности невосстанавливаемых объектов.
- 2) Вычисление показателей надежности восстанавливаемых объектов
- 3) Статистические оценки показателей надежности

### **Материалы для промежуточной аттестации**

#### Перечень вопросов к зачету

(ОПК-4.1.1, ОПК-4.2.1)

1. Основные понятия и термины теории надежности.
2. Случайное время  $T$  наработки до отказа. функция распределения вероятностей и плотность распределения  $T$ .
3. Функция надежности невосстанавливаемого объекта.
4. Функция интенсивности отказов.
5. Среднее время наработки до отказа, среднее остаточное время наработки до отказа.
6. Статистические оценки показателей надежности невосстанавливаемых объектов.
7. Показатели надежности восстанавливаемых объектов и их статистические оценки.
8. Экспоненциальное распределение как распределение времени наработки до отказа. Свойства.
9. Распределение Эрланга как распределение времени наработки до отказа. Свойства.
10. Распределение Вейбулла как распределение времени наработки до отказа. Свойства.
11. Нормальное и усеченное нормальное распределения, как распределения времени безотказной работы. Пример
12. Структурные схемы надежности. Функции структуры.
13. Функции структуры параллельных, последовательных и параллельно-последовательных структур.
14. Функция структуры  $k$ -из- $m$  структур.
15. Мостиковые структуры. Метод минимальных путей и разрезов. Пример.

16. Вычисление надежности для параллельных, последовательных и параллельно-последовательных структур.
17. Вычисление надежности для k-из -m структур.
18. Вычисление надежности мостиковых структур.
19. Считающие процессы. Однородный процесс Пуассона.
20. Процесс восстановления.
21. Определение марковской цепи с непрерывным временем
22. Уравнения Колмогорова-Чепмена.
23. Матрица интенсивностей переходов.
24. Дифференциальные уравнения Колмогорова.
25. Уравнения для стационарных вероятностей.
26. Нестационарные решения уравнений Колмогорова.
27. Марковские модели в теории надежности. Примеры расчетов.
28. Системы с зависимыми состояниями. Пример расчета.
29. Системы с «холодным» резервированием. Расчет показателей надежности

### 3. Описание показателей и критериев оценивания индикаторов достижения компетенций, описание шкал оценивания

Показатель оценивания – описание оцениваемых основных параметров процесса или результата деятельности.

Критерий оценивания – признак, на основании которого проводится оценка по показателю.

Шкала оценивания – порядок преобразования оцениваемых параметров процесса или результата деятельности в баллы.

Показатели, критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля приведены в таблицах 3.1-3.2.

Т а б л и ц а 3.1

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Типовой расчет №1	Правильность решения задач	Решения правильные	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				<b>6</b>
2	Типовой расчет №2	Правильность решения задач	Решения правильные	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				<b>6</b>
3	Типовой расчет №3	Правильность решения задач	Решения правильные	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				<b>6</b>
4	Лабораторная работа 1	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		<b>12</b>
5	Лабораторная работа 2	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		<b>12</b>
6	Лабораторная работа 3	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		<b>12</b>
7	Тестирование №1	Правильность ответов	Пропорционально числу правильных ответов	от 0 до 5
		Итого максимальное количество баллов		<b>5</b>
8	Тестирование №2	Правильность ответов	Пропорционально числу правильных ответов	от 0 до 5
		Итого максимальное количество баллов		<b>5</b>
9	Тестирование №3	Правильность ответов	Пропорционально числу правильных ответов	от 0 до 6
		Итого максимальное количество баллов		<b>6</b>
	<b>ИТОГО максимальное количество баллов</b>			<b>70</b>

Т а б л и ц а 3.2

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Контрольная работа (часть 1)	Правильность решения задач	Решения правильные	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Частичное соответствие	1
			Не соответствует требованиям	0
		Сроки выполнения контрольной работы	Контрольная работа выполнена в срок	3
			Задержка не более чем на месяц	2
Контрольная работа выполнена с опозданием более месяца	0			

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
		Защита контрольной работы	Получены полные ответы на все вопросы	10
			Получены полные ответы на часть вопросов	5
			Не получены полные ответы на вопросы	0
		Итого максимальное количество баллов		<b>20</b>
2	Контрольная работа (часть 2)	Правильность решения задач	Решения правильные	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Частичное соответствие	1
			Не соответствует требованиям	0
		Сроки выполнения контрольной работы	Контрольная работа выполнена в срок	3
			Задержка не более чем на месяц	2
			Контрольная работа выполнена с опозданием более месяца	0
		Защита контрольной работы	Получены полные ответы на все вопросы	10
			Получены полные ответы на часть вопросов	5
			Не получены полные ответы на вопросы	0
				Итого максимальное количество баллов
3	Лабораторная работа 1	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	5
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		<b>15</b>
4	Лабораторная работа 2	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	5
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		<b>15</b>
	<b>ИТОГО максимальное количество баллов</b>			<b>70</b>

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов достижения компетенций

Процедура оценивания индикаторов достижения компетенций представлена в таблицах 4.1-4.2.

## Формирование рейтинговой оценки по дисциплине

Т а б л и ц а 4.1

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль успеваемости	<i>Типовые расчеты №№1-3 Лабораторные работы №№1-3 Тестирования №№1-3</i>	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.1 Допуск к зачету $\geq 50$ баллов
2. Промежуточная аттестация	Перечень вопросов к зачету	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>– получены полные ответы на вопросы – 25...30 баллов;</li> <li>– получены достаточно полные ответы на вопросы – 20...24 балла;</li> <li>– получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов – 11...19 баллов;</li> <li>– не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты – 0...10 баллов.</li> </ul>
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Зачтено» - 60-100 баллов «Незачтено» - менее 59 баллов (вкл.)		

Процедура проведения зачета осуществляется в форме *устного ответа на вопросы билета*.

Билет на зачет содержит 2 вопроса (из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2) и 2 задачи (по темам из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2)

Т а б л и ц а 4.2

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль успеваемости	<i>Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Лабораторные работы №№1-2</i>	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.2 Допуск к зачету $\geq 50$ баллов
2. Промежуточная аттестация	Перечень вопросов к зачету	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>– получены полные ответы на вопросы – 25...30 баллов;</li> <li>– получены достаточно полные ответы на вопросы – 20...24 балла;</li> <li>– получены неполные</li> </ul>

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
			часть вопросов – 11...19 баллов; – не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты – 0...10 баллов.
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Зачтено» - 60-100 баллов «Незачтено» - менее 59 баллов (вкл.)		

Процедура проведения зачета осуществляется в форме *устного ответа на вопросы билета*.

Билет на зачет содержит 2 вопроса (из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2) и 2 задачи (по темам из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2)

Разработчик оценочных материалов,  
профессор  
22 марта 2022 г.

 Н.В. Грибова



АННОТАЦИЯ  
Дисциплины  
Б1.О.22 «ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ»

Направление специальность – 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог».

Квалификация (степень) выпускника – *специалист*

Специализациям – «Грузовая и коммерческая работа», «Магистральный транспорт», «Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта», «Транспортный бизнес и логистика»

**1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

**2. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является подготовка обучающихся к организации проектирования транспортных объектов с учетом требований надежности к основным системам и объектам железнодорожного транспорта.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- формирование у обучающихся знаний понятийного аппарата теории надежности, методов и способов повышения надежности объекта на протяжении жизненного цикла;
- формирование умений самостоятельно анализировать надежность сложных технических объектов;
- овладение навыками расчета показателей надежности сложных систем (транспортных объектов);
- формирование у обучающихся представлений о методах восстановления работоспособности объектов в условиях эксплуатации.

**3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций, сформированность которых, оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций:

Компетенция	Индикатор компетенции
<i>ОПК-4. Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов.</i>	<i>ОПК-4.1.1. Знает требования нормативных документов в области проектирования и расчета транспортных объектов.</i>
	<i>ОПК-4.2.1. Умеет выполнять необходимые расчеты при проектировании транспортных объектов.</i>

**4. Содержание и структура дисциплины**

- 1 Введение в теорию надежности
- 2 Количественные показатели надежности
- 3 Модельные распределения времени наработки до отказа
- 4 Анализ надежности структурных схем
- 5 Считающие процессы
- 6 Марковские процессы
- 7 Марковские модели в теории надежности

**5. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Объем дисциплины – 3 зачетные единицы (108 час.), в том числе:  
*по очной форме обучения*

лекции – 32 час.

практические занятия – 16 час.

лабораторные работы – 16 час.

самостоятельная работа – 40 час.

Форма контроля знаний – зачет  
*по заочной форме обучения*

лекции – 8 час.

практические занятия – 4 час.

лабораторные работы – 4 час.

самостоятельная работа – 88 час.

Форма контроля знаний – зачет