

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы специалитета  
по специальности  
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Надёжность вагонов и систем**

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Пассажирские вагоны

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 3331  
Подписал: заведующий кафедрой Петров Геннадий Иванович  
Дата: 12.04.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения учебной дисциплины является изучение основ теории надёжности, а также формирование компетенций в области надёжности, необходимых для качественного проектирования, изготовления, ремонта, эффективной эксплуатации рельсового нетягового подвижного состава, испытаниях, модернизации вагонов, организации вагонного и пассажирского вагонного хозяйств, при разработке средств и путей повышения эксплуатационных и ремонтных характеристик (экономичности, надёжности, долговечности, безопасности, качества ремонта) для следующих типов задач профессиональной деятельности:

производственно-технологической;

организационно-управленческой;

проектной;

научно-исследовательской.

Задачи дисциплины - получение знаний, умений и навыков (в соответствии с типами задач профессиональной деятельности):

производственно-технологической:

- использование типовых методов расчёта надёжности элементов вагонов и их систем, анализ брака и выпуска некачественной продукции; разработка методов расчёта надёжности, технического контроля и испытаний продукции, оценка качества продукции;

организационно-управленческой

- оценка производственных и непроизводственных затрат или ресурсов на обеспечение качества технического обслуживания, текущего отцепочного ремонта и плановых видов ремонта подвижного состава, менеджмента качества, оценка производственного потенциала предприятия на основе теории надёжности, вероятностный анализ отказов, прогнозирование отказов, оценка показателей безопасности на основе эксплуатационной информации;

проектной:

- разработка технических требований, технических заданий и технических условий на проекты технологических машин, рельсового нетягового подвижного состава, его узлов или систем, технологических процессов по показателям надёжности, организация экспериментов и обработка результатов испытаний на надёжность с использованием средств автоматизации и информационных технологий;

научно-исследовательской:

- научные исследования в области эксплуатации и производства вагонов, интерпретации и вероятностного моделирования отказов и процесса

эксплуатации на основе теории надёжности с формулировкой аргументированных умозаключений и выводов; поиск и проверка новых технических решений по совершенствованию подвижного состава и системы поддержания надёжности в эксплуатации (системы технического обслуживания и ремонта); разработка планов, программ и методик проведения исследований надёжности, анализ их результатов.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-2** - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

**ПК-4** - Способен формулировать и решать научно-технические задачи применительно к объектам подвижного состава и технологическим процессам;

**ПК-10** - Имеет навык определять показатели безопасности при эксплуатации пассажирских вагонов.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

методы оценки показателей безопасности вагонов, как технической системы;

нормативные документы, регламентирующие применение теории надёжности в технике;

нормативные документы, по безопасности движения, управлению рисками, системы КАСАНТ;

правила и способы сбора первичной статистической информации при эксплуатации подвижного состава, способы организации испытаний на надёжность и особенности их планирования;

особенности планов испытаний на надёжность и их обозначения;

правила проведения испытаний на надёжность;

способы получения первичной информации о надёжности вагонов;

особенности применения теории вероятностей в инженерных расчётах;

особенности детерминированных и вероятностных моделей;

типовую задачу надёжности;

основные теоремы, положения теории вероятностей, используемые в

теории надёжности;

понятийный аппарат теории надёжности, классификацию отказов, единичные свойства надёжности, сущность показателей надёжности;

математический аппарат, применяемый для моделирования надёжности;

методы оценки надёжности вагона, как технической системы;

показатели качества, определяемые на основе статистической информации об отказах и понимать проблемы при их определении;

методы формирования расчётной схемы системы;

классификацию систем;

метод структурных схем для оценки надёжности системы;

метод перебора состояний систем;

логические методы, метод путей и сечений, разложения по базовому элементу;

метод дерева событий и дерева отказов.

### **Уметь:**

использовать существующие методы сбора первичной статистической информации об отказах;

получать первичную информацию для оценки показателей надёжности;

обрабатывать первичную статистическую информацию об отказах вагонов и систем;

использовать вероятностный подход при описании событий (отказов);

использовать вероятностные модели, законы распределения случайных величин;

применить на практике методы получения законов распределения случайных величин и их числовых характеристик;

применять методику проверки однородности выборки и приведения её к однородной;

определять надёжность систем с приводимой структурной схемой;

обоснованием математических моделей надёжности деталей и узлов вагонов;

переходить от древовидной структуры события к двухполюсному представлению;

анализировать надёжность системы;

обосновать математические модели надёжности деталей и узлов подвижного состава;

оценивать единичные и комплексные показатели надёжности;

прогнозировать показатели надёжности вагонов;

определять точечные оценки параметров моделей надёжности неремонтируемых изделий;

определять интервальные оценки параметров вероятностных моделей отказов;

применять критерии согласия;

определить показатели безопасности конструкции с использованием вероятного подхода на примере вагона;

в соответствии с нормативными документами ОАО «РЖД» получать модель эксплуатации вагона и его систем.

**Владеть:**

навыком оценки остаточного ресурса деталей и конструкции;

навыком оценки предельных размеров износов и трещин;

навыком выделять опасные отказы;

навыком получения вероятностных моделей опасных отказов;

навыком оценки рисков опасных отказов;

навыком оценки показателей безопасности вагона;

навыком применения метода управления рисками;

навыком оценки функционирования активных и пассивных систем безопасности;

навыком определения требований к надёжности и безопасности вагонов и систем,

навыком оценки согласованности моделей надёжности и эмпирических законов распределений;

навыком работы с вероятностными моделями;

навыком сбора первичной статистической информации и оценки показателей надёжности.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 з.е. (216 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов		
	Всего	Семестр	
		№7	№8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	128	64	64

В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	64	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 88 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p><b>Введение</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- цели и задачи дисциплины;</li> <li>- рекомендуемая литература;</li> <li>- порядок проведения текущей и промежуточной аттестации;</li> <li>- рекомендации по освоению дисциплины;</li> <li>- план самостоятельной работы студента.</li> </ul>
2	<p><b>Понятия теории надёжности. Место теории надёжности среди других дисциплин и её особенности</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классическая проблемная технико-экономическая задача надёжности;</li> <li>- детерминированные, вероятностные и стохастически неопределимые модели;</li> <li>- вопросы надёжности при решении практических задач;</li> <li>- история становления и развития;</li> <li>- объекты исследований в области надёжности;</li> <li>- современные направления исследований надёжности.</li> </ul>
3	<p><b>Понятия теории надёжности. Классификация понятий теории надёжности</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация понятий теории надёжности;</li> <li>- регламентирующие документы и стандарты в области надёжности;</li> <li>- объекты надёжности;</li> <li>- состояния объектов и схема переходов состояний.</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
4	<p>Понятия теории надёжности. Классификация отказов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация отказов;</li> <li>- предпосылки отказов (проектно-конструкторские, производственно-технологические, эксплуатационные);</li> <li>- признаки классификации и виды отказов.</li> </ul>
5	<p>Понятия теории надёжности. Понятие надёжности объекта</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие надёжности;</li> <li>- определение термина "надёжность" по ГОСТ;</li> <li>- влияние факторов эксплуатации, качества проектирования на надёжность;</li> <li>- пример ошибок при проектировании (избыточные связи в механике);</li> <li>- уточнённое определение "надёжности";</li> <li>- понятия эксплуатация, выходной параметр, грубые ошибки проектирования и изготовления.</li> </ul>
6	<p>Понятия теории надёжности. Классификация показателей надёжности. Показатели единичных свойств</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация показателей надёжности;</li> <li>- безотказность, показатели безотказности, количественные характеристики безотказности;</li> <li>- долговечность, показатели долговечности, количественные характеристики долговечности.</li> </ul>
7	<p>Понятия теории надёжности. Показатели единичных свойств и комплексные показатели</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ремонтпригодность, показатели ремонтпригодности, количественные характеристики ремонтпригодности;</li> <li>- сохраняемость, показатели сохраняемости, количественные характеристики сохраняемости;</li> <li>- понятие "комплексные показатели надёжности";</li> <li>- коэффициент готовности и его стационарное выражение;</li> <li>- коэффициент оперативной готовности;</li> <li>- коэффициент сохранения эффективности.</li> </ul>
8	<p>Понятия теории надёжности. Задачи надёжности на разных этапах жизненного цикла изделия. Связь показателей надёжности и безопасности</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стадии жизненного цикла конструкций;</li> <li>- проблемы и задачи теории надёжности на эта проектирования, изготовления и испытаний опытной партии, производства, использования по назначению, технического обслуживания и ремонта;</li> <li>- показатели функциональной безопасности;</li> <li>- классификация нарушений безопасности на железнодорожном транспорте;</li> <li>- понятие опасный отказ, описание опасных отказов;</li> <li>- показатели безопасности объектов, количественные характеристики безопасности.</li> </ul>
9	<p>Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности. Модели надёжности неремонтируемых изделий</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация изделий (простейшая);</li> <li>- ремонтируемые, неремонтируемые, восстанавливаемые, невосстанавливаемые изделия;</li> <li>- групповые и индивидуальные показатели надёжности;</li> <li>- равномерное распределение. Область применения. Вид модели, параметр модели. Особенности модели;</li> <li>- экспоненциальное (показательное) распределение. Область применения. Вид модели, параметр модели. Особенности модели.</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
10	<p>Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности неремонтируемых изделий</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- нормальное распределение. Область применения. Вид модели, параметры модели. Особенности модели. Нормализованное нормальное распределение. Пример обоснования модели отказа подшипников;</li> <li>- логарифмически-нормальное распределение. Область применения. Вид модели, параметры модели. Особенности модели;</li> <li>- закон распределения Рэлея. Область применения. Вид модели, параметр модели. Особенности модели;</li> <li>- закон распределения Вейбула-Гнеденко. Область применения. Вид модели, параметры модели. Особенности модели.</li> </ul>
11	<p>Обоснование модели отказа неремонтируемых изделий. Модель постепенного износогого отказа</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пример обоснования модели отказа подшипников.</li> </ul>
12	<p>Вероятностные модели надёжности. Обоснование модели отказа неремонтируемых изделий. Модель усталостных отказов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пример обоснования модели отказа пятника вагона.</li> </ul>
13	<p>Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности ремонтируемых изделий</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вероятностные модели ремонтируемых изделий. Классификация ремонтируемых элементов вагона;</li> <li>- обобщённая модель эксплуатации. Описание, особенности.</li> </ul>
14	<p>Упрощённая модель эксплуатации ремонтируемых изделий</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- упрощённая модель эксплуатации. Допущения. Определение числа отказов за время <math>t</math>;</li> <li>- функция распределения для описания отказов ремонтируемых изделий. Функция распределения двух случайных аргументов. Интенсивность отказов, параметр потока отказов, связь с показателями безотказности ремонтируемых восстанавливаемых изделий;</li> <li>- модель эксплуатации деталей типа 2.1.1. Стационарное выражение коэффициента готовности;</li> <li>- реальна модель эксплуатации. Особенности. Коэффициент готовности. Влияние наработки со скрытым отказом на безопасность движения. Пример.</li> </ul>
15	<p>Источники первичной информации о надёжности вагонов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- схемы протоколирования, сбора и накопления информации о техническом состоянии вагонов на железнодорожном транспорте;</li> <li>- информационная система ЖТСВ, вагонные учётные формы, классификаторы информационных систем вагонного комплекса;</li> <li>- группы надёжности;</li> <li>- стендовые и ускоренные испытания, форсированные испытания;</li> <li>- математическое моделирование;</li> <li>- испытания на надёжность;</li> <li>- анализ схем. Эталонная схема сбора первичной информации.</li> </ul>
16	<p>Заключение</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обзорная лекция по темам семестра.</li> </ul>
17	<p>Статистическое толкование показателей надёжности. Испытания на</p>



№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>надёжность. Определительные испытания на надёжность</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- испытания на надёжность. Виды испытаний. Программа испытаний;</li> <li>- планы испытаний на надёжность;</li> <li>- определение количества деталей в эксперименте;</li> <li>- классификация выборок;</li> <li>- источники первичной информации.</li> </ul>
18	<p>Статистическое толкование показателей надёжности. Классификация выборок. Этапы обработки информации. Предварительная обработка данных</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация выборок и связь планами испытаний на надёжность.</li> <li>- источники первичной информации;</li> <li>- этапы обработки выборки. Предварительная обработка выборок.</li> </ul>
19	<p>Статистическое толкование показателей надёжности. Проверка однородности выборки.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проверка однородности выборки;</li> <li>- правило трёх сигм;</li> <li>- математическая обработка результатов эксперимента;</li> <li>- точечные оценки параметров законов распределения. Требования к точечным оценкам.</li> </ul>
20	<p>Статистическое толкование показателей надёжности. Точечные и интервальные оценки параметров закона распределения наработки до отказа</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- математическая обработка результатов эксперимента;</li> <li>- метод максимального правдоподобия. Суть метода. Функция правдоподобия для полной выборки;</li> <li>- интервальные оценки параметров законов распределений. Пример получения доверительных интервалов требуемой точности.</li> </ul>
21	<p>Статистическое толкование показателей надёжности. Проверка качества точечных оценок. Критерии согласия</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проверка качества точечных оценок. Критерий Колмогорова. Критерий "хи"-квадрат;</li> <li>- эмпирические функции распределения. Единичная функция Хевисайда. Метод Фисшбейна. Метод Джонсона.</li> </ul>
22	<p>Статистическое толкование показателей надёжности. Контрольные испытания на надёжность</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- контрольные испытания на надёжность. Правила проведения;</li> <li>- метод последовательных испытаний;</li> <li>- метод однократной выборки.</li> </ul>
23	<p>Надёжность систем. Понятие системы. Правила построения расчётной схемы системы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие системы. Порядок системы;</li> <li>- правила составления расчётной схемы системы;</li> <li>- классификация элементов;</li> <li>- классификация связей и классификация систем;</li> <li>- технология построения расчётной схемы системы (вагона).</li> </ul>
24	<p>Надёжность систем. Структурные функции систем. Методы оценки надёжности систем. Метод простейших структурных схем</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структурные функции систем. Булевы переменные. Типовые последовательная, параллельная структуры. структура с <math>m</math> исправными из <math>n</math>. Последовательно-параллельные структуры. Параллельно-последовательные структуры;</li> <li>- системы с приводимой и неприводимой структурой;</li> <li>- метод структурных схем. Суть метода. Допущения и ограничения. Типовые структуры.</li> </ul>
25	<p><b>Надёжность систем. Метод перебора состояний</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- метод структурных схем. Суть метода. Допущения и ограничения. Типовые структуры;</li> <li>- метод перебора состояний. Технология реализации. Пример применения для структуры с <math>m</math> исправными из <math>5</math>;</li> <li>- пример применения метода для систем с неприводимой структурой (мостиковой схемы).</li> </ul>
26	<p><b>Надёжность систем. Метод логических схем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- метод логических схем. Основные положения алгебры логики;</li> <li>- метод минимальных путей. Технология. Пример мостиковой схемы;</li> <li>- метод минимальных сечений. Технология. Пример мостиковой схемы;</li> <li>- метод разложения по базовому элементу. Технология. Пример.</li> </ul>
27	<p><b>Надёжность систем. Дерево событий</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- метод дерева событий (дерева отказов). Правила построения. Условные обозначения и операторы;</li> <li>- соответствие древовидных и простейших двухполюсных структур;</li> <li>- процедура построения. Пример построения древовидной структуры для электродвигателя.</li> </ul>
28	<p><b>Надёжность систем. Получение функции надёжности для древовидной структуры</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- переход от древовидной структуры с повторяющимися событиями к двухполюсной. Применение метода минимальных сечений. Пример перехода;</li> <li>- использование алгебры логики для древовидной структуры. Структурная схема системы управления автономного рефрижераторного вагона.</li> </ul>
29	<p><b>Надёжность систем. Графовый метод оценки надёжности ремонтируемых систем</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- графовый метод. Элементы со многими состояниями;</li> <li>- надёжность ремонтируемых систем. Граф переходов состояний. Пример. Матрица переходов состояний;</li> <li>- марковский случайный процесс. Установившиеся режимы для графов связанной структуры. Рекуррентная формула Маркова. Марковские случайные процессы;</li> <li>- система уравнений Колмогорова. Пример применения графового метода для системы с двумя переходами (отказ - восстановление) - ремонтируемых систем.</li> <li>- надёжность систем со многими состояниями. Пример построения модели надёжности электровоздухораспределителя.</li> </ul>
30	<p><b>Связь показателей надёжности и безопасности.</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие безопасности. Проблемы;</li> <li>- действующая классификация случаев нарушения безопасности движения поездов на железнодорожном транспорте;</li> <li>- партер безопасности вагона (обеспечение безопасной эксплуатации вагонов).</li> </ul>
31	<p><b>Связь показателей надёжности и безопасности. Управляемые показатели безопасности вагона</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вероятностная модель схода вагона с рельсов. Построение дерева событий. Переход от древовидной</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	к духполюсной структуре. Пример дерева событий относительно столкновения поезда; - концепция глубокоэшелонированной защиты вагона от аварий и крушений; - показатели безопасности вагона, количественные характеристики безопасности вагона.
32	Заключение Рассматриваемые вопросы: - обзорная лекция по курсу.

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Работа со статистической информацией об отказах. Применение действующих классификаторов. В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - применения действующих классификаторов при анализе информации об отказах вагонов; - формирования выборки наработок до отказов в соответствии со стандартным планом испытаний на надёжность; - построения частотных графиков; - практического исследования зависимости представления частотных графиков от заданной длины интервалов и вырождения законов распределения.
2	Формирование выборок наработок до интересующих отказов в соответствии со стандартным планом испытаний на надёжность В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - формирования выборки наработок до отказов из базы ЖТСВ; - предварительного анализа статистической информации и определения наименее надёжных элементов конструкции; - построения графиков распределений числа отказов между элементами конструкции, узлами, по причинам возникновения; - формирования выборки наработок до отказов (по заданной неисправности) по стандартному плану испытаний на надёжность.
3	Построение эмпирической функции распределения наработок до отказов с помощью единичной функции Хевиссайда. В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - применения единичной функции Хевиссайда; - построения экспериментальных функций распределения для полных выборок; - построения экспериментальных функций распределения для неполных однократноусечённых выборок; - построения эмпирической функции распределения для заданного отказа.
4	Построение эмпирической плотности распределения наработки до отказа В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - построения плотности распределения для полной выборки; - анализа распределения отказов и значений плотности распределения; - проверки свойств плотности распределения; - построения плотности распределения наработки для неполной однократно цензурированной выборки; - анализа причин вырождения плотности распределения и преимущества интегральной эмпирической выборочной функции распределения.
5	Применение метода максимального правдоподобия для неполной выборки при

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	<p>экспоненциальной одели отказа</p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вывода выражения функции правдоподобия для неполной выборки при экспоненциальной модели отказа;</li> <li>- вывода выражения для получения точечной оценки параметра экспоненциального закона распределения;</li> <li>- построения законов распределения различных видов по полученным результатам;</li> <li>- получения точечной оценки показателя безотказности.</li> </ul>
6	<p>Эмпирические функции распределения для неполных выборок</p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения правил формирования вариационного ряда;</li> <li>- расчёта и построения эмпирической функции распределения для многократно усечённой выборки методом Фисшбейна;</li> <li>- расчёта и построения эмпирической функции распределения для многократно усечённой выборки методом Джонсона.</li> </ul>
7	<p>Применение критерия Колмогорова</p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проверит гипотезы о согласованности эмпирической выборочной функции распределения для неполной однократно усечённой выборки и экспоненциальной модели отказа;</li> <li>- формирования расчётных таблиц и определения максимального расхождения функций;</li> <li>- поиска табличного значения квантиля заданного уровня распределения Колмогорова.</li> </ul>
8	<p>Применение метода максимального правдоподобия для однократноцензурированной выборки при экспоненциальном законе распределения</p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- получения точечной оценки параметра экспоненциального закона распределения наработки по заданному отказу;</li> <li>- построения законов распределения различных видов по полученным результатам;</li> <li>- получения точечной оценки показателя безотказности для заданного элемента конструкции вагона.</li> </ul>
9	<p>Применение метода максимального правдоподобия для неполной многократно усечённой выборки при модели Вейбула-Гнеденко</p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения универсальных программ для определения точечных оценок параметров законов распределения наработок до отказов;</li> <li>- вывода функции правдоподобия для неполной выборки и модели Вейбула-Гнеденко;</li> <li>- вывода формул для нахождения точечных оценок параметров закона распределения Вейбула-Гнеденко;</li> <li>- применения знаний численным методов для получения точечной оценки параметра формы;</li> <li>- применения метода сканирования;</li> <li>- применения графического метода;</li> <li>- применения метода итераций (последовательных приближений);</li> <li>- построения закона распределения различных видов по полученным результатам.</li> </ul>
10	<p>Применение метода максимального правдоподобия для неполной выборки и закона распределения Вейбула-Гнеденко.</p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения метода максимального правдоподобия для неполных выборок при законе распределения Вейбула-Гнеденко;</li> <li>- применения универсальных программ для выполнения расчётов;</li> <li>- применения метода сканирования;</li> <li>- применения графического метода решения уравнения при определении параметра формы;</li> <li>- применения метода последовательных приближений;</li> </ul>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	- получения точечных оценок параметров закона распределения для заданной выборки.
11	Применение метода максимального правдоподобия для сильно усечённых выборок В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - применения технологии получения точечных оценок показателей надёжности при сильноусечённых выборках.
12	Проверка согласованности модели Вейбул-Гнеденко с эмпирической выборочной функцией распределения В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - формирования расчётной программы применения критерия Колмогорова для неполной однократно цензурированной выборки по заданному отказу вагона на основе эксплуатационных данных об отказах вагонов.
13	Применение критерия согласия Пирсона В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - формирования статистики для получения расчётного значения критерия Пирсона; - применения правил и порядка выбора длинны интервалов и их количества; - расчёта критерия Пирсона для заданной выборки; - определения табличных значений критерия; - применения правил проверки гипотезы о согласованности функций.
14	Применение правила трёх сигм для полной выборки случайных величин В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - приведения выборки в единичный интервал; - расчёта математического ожидания и дисперсии случайной величины; - применения неравенства Чебышева и правила 3 сигм; - проверки выборки на однородность; - применения правил приведения неоднородной выборки.
15	Решение практической задачи определения точечных оценок показателей безотказности для заданного отказа В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки: - выполнения всех этапов решения задачи получения точечных оценок показателей надёжности на основе статистической информации; - формирования выборки по заданному отказу на основе эксплуатационной информации; - обоснования моделей отказов; - математической обработки результатов эксперимента, получения точечных оценок параметров законов распределения наработки до заданного отказа; - построения эмпирической функции распределения и применения критериев согласия; - получения показателей безотказности.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Определение вероятности событий В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки: - применения основных понятий теории вероятности, используемых в дисциплине; - применения классификации событий, понятий меры случайности событий; - применения меры зависимости событий; - применения понятия событие, как подпространство элементарных исходов, вероятность событий; - применения понятия неограниченное пространство элементарных исходов; - применения понятий частота и вероятность события; - применения теорем о вероятности суммы и произведения событий.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
2	<p><b>Оптимизация числа холодильных машин автоматизированного рефрижераторного вагона</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения теорем теории вероятности для оценки вероятности доставки груза;</li> <li>- исследования зависимости вероятности доставки груза от числа холодильных машин;</li> <li>- обоснования оптимального числа холодильных машин АРВ;</li> <li>- применения понятия горячего и холодного резервирования;</li> <li>- обоснования мероприятий для повышения надёжности доставки груза в АРВ.</li> </ul>
3	<p><b>Случайные величины и получение законов распределения</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения понятий случайной величины и величины, используемых для описания надёжности;</li> <li>- применения понятий дискретных и непрерывных случайных величин;</li> <li>- применения понятия закон распределения случайных величин, видов представления, свойств;</li> <li>- построения ряда распределения, функции распределения, плотности распределения случайных величин.</li> </ul>
4	<p><b>Получение числовых характеристик случайных величин</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определения числовых характеристик случайных величин и их взаимосвязи, характеристик положения на числовой оси, характеристики рассеивания;</li> <li>- определения моды;</li> <li>- определения альфа-квантили случайной величины;</li> <li>- определения медианы распределения;</li> <li>- определения математического ожидания;</li> <li>- определения момента второго порядка;</li> <li>- определения дисперсии;</li> <li>- определения средне-квадратического отклонения.</li> </ul>
5	<p><b>Применение формулы Байеса, формулы полной вероятности и теоремы о повторении опытов для решения проблемных практических задач</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения формулы полной вероятности, использования её в надёжности;</li> <li>- применения теоремы Байеса, её использования;</li> <li>- применения теоремы о повторении опытов, её использования;</li> <li>- применения понятия биномиального коэффициента и биномиального распределения.</li> </ul>
6	<p><b>Моделирование выборочного контроля технического состояния</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- исследования проблемы качества выборочного контроля на основе замечательных теорем теории вероятностей;</li> <li>- решения проблемной задачи по определению среднего числа дефектных деталей принятых контролёром при проведении выборочного контроля;</li> <li>- применения правил выборочного контроля вагонных деталей (по стандартам).</li> </ul>
7	<p><b>Моделирование сплошного контроля технического состояния</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения теории вероятностей для оценки качества сплошного контроля качества.</li> </ul>
8	<p><b>Анализ ремонтпригодности вагона применительно к текущему техническому содержанию</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализа требований нормативной документации к колёсным парам вагонов в условиях эксплуатации;</li> <li>- применения нормативной документации по эксплуатации вагонов;</li> <li>- применения классификации отказов колёсных пар вагонов;</li> <li>- анализа ремонтпригодности по назначению колёсной пары по остроконечному накату гребня при</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	использовании вагона; - анализа ремонтпригодности при использовании вагона и определение направлений и мероприятий для её повышения на примере колёсных пар.
9	<p><b>Оценка ремонтпригодности вагона применительно к ремонту крупного объёма (деповскому и капительному)</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поиска требований в нормативной документации к колёсным парам вагонов при плановом ремонте;</li> <li>- применения нормативной документации по ремонту колёсных пар;</li> <li>- анализа ремонтпригодности по назначению колёсной пары по остроконечному накату гребня в условиях планового ремонта;</li> <li>- анализа ремонтпригодности в условиях планового ремонта и определение направлений и мероприятий для её повышения на примере колёсных пар.</li> </ul>
10	<p><b>Моделирование работы системы контроля нагруза букс и выбор оптимальной схемы</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения теории вероятностей при анализе работы бортовых систем безопасности вагонов;</li> <li>- решения проблемной задачи: выбора оптимальной схемы СКНБ;</li> <li>- формирования предложений для повышения безопасности вагонов.</li> </ul>
11	<p><b>Оценка остаточного ресурса деталей, безотказно проработавших время <math>t</math>.</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчётного обоснования долговечности подшипников типовой буксы. Расчётных методов определения показателей надёжности;</li> <li>- оценки остаточного ресурса с использованием вероятностных моделей надёжности неремонтируемых изделий;</li> <li>- оценки остаточного ресурса при законе распределения Вейбула-Гнеденко;</li> <li>- построения плана контролей технического состояния вагона при обеспечении требуемого уровня надёжности в межремонтный период.</li> </ul>
12	<p><b>Моделирование плана контроля технического состояния деталей при различных моделях отказов</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценки остаточного ресурса при экспоненциальном распределении;</li> <li>- построения плана контролей технического состояния вагона при обеспечении требуемого уровня надёжности в межремонтный период.</li> </ul>
13	<p><b>Применение нормального нормализованного закона распределения</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения нормализованного нормального распределения при решении практических задач;</li> <li>- построения плана контролей технического состояния вагона при обеспечении требуемого уровня надёжности в межремонтный период.</li> </ul>
14	<p><b>Исследование проблемной задачи. Оптимизация распределения надёжности между элементами вагонных конструкций.</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения метода динамического программирования при решении проблемной задачи;</li> <li>- формирования требований к надёжности элементов вагонных конструкций для обеспечения требуемой безотказности вагона.</li> </ul>
15	<p><b>Генерирование случайных величин, подчиняющихся различным законам распределения.</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения теоремы для генерации случайных величин, имеющих заданный закон распределения;</li> <li>- генерации случайных величин с заданными параметрами;</li> <li>- исследования влияния объёма выборки на числовые характеристики сгенерированных случайных величин (закон больших чисел).</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
16	<p>Анализ требований к надёжности элементов вагонных конструкций, заложенных в нормативно-технической документации</p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализа государственных стандартов на детали и узлы вагонов в части требований к надёжности;</li> <li>- определения перечня нормируемых показателей надёжности и других требований качества изделий;</li> <li>- определения порядка контроля заложенных показателей надёжности.</li> </ul>

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение дополнительной литературы по вопросам, вызвавшим затруднения в ходе входного контроля знаний.
2	Изучение рекомендуемой литературы и работа с конспектом лекций.
3	Подготовка к лабораторным занятиям
4	Подготовка к практическим занятиям.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

#### 5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Анисимов, П.С. Испытания вагонов : монография / П. С. Анисимов. — Москва : Издательство "Маршрут", 2004. — 197 с. — 5-89035-152-4.	<a href="https://umczdt.ru/read/155718/?page=1">https://umczdt.ru/read/155718/?page=1</a> . (дата обращения: 14.04.2024). Текст электронный
2	Котуранов, В.Н. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений : учебное пособие / В. Н. Котуранов, А. П. Азовский, Е. В. Александров, В. . Кобищанов, В. П. Лозбинев, М. Н. Овечников, Б. Н. Покровский, В. И. Светлов, А. А. Юхневский. — Москва : Издательство "Маршрут", 2005. — 490 с. — 5-89035-256-3.	<a href="https://umczdt.ru/read/18637/?page=1">https://umczdt.ru/read/18637/?page=1</a> . (дата обращения: 14.04.2024) -Текст электронный.
3	Воробьев, А.А. Надежность подвижного состава : учебник / А. А. Воробьев, А. В. Горский, А. Д. Пузанков, А. В. Скребков, В. А. Четвергов, С. В. Швецов. — Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. — 301 с. — 978-5-89035-978-0.	<a href="https://umczdt.ru/read/2447/?page=1">https://umczdt.ru/read/2447/?page=1</a> (дата обращения: 12.04.2024). Текст электронный.



6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Электронно-библиотечная система Научно-техническая библиотека РУТ МИИТ (<http://library.miit.ru/>);

Информационно-справочный портал Проект Российской государственной библиотеки для молодежи (<http://www.library.ru/>);

Информационный портал нормативных документов ОАО «РЖД» (<http://rzd.ru/>);

База нормативных документов (ГОСТ) (<https://docs.cntd.ru/document/>);

Электронно-библиотечная система IPRbooks (<http://www.iprbookshop.ru/>);

Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс», «Гарант»;

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>);

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>);

Электронно-библиотечная система «BOOK.ru» (<http://www.book.ru/>);

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» (<http://www.znanium.com/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Операционная система Microsoft Windows;

2. Microsoft Internet Explorer (или другой браузер);

3. Microsoft Office 365;

4. Система автоматизированного проектирования Компас;

5. Специализированная программа Mathcad.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования;

2. Помещения для проведения лабораторных работ и практических занятий, оснащенные следующим оборудованием: проектором, маркерной доской, рабочее место преподавателя, рабочее место студента (системный

блок, монитор, перефирия);

3. Стенд испытаний гидравлических гасителей колебаний.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

Экзамен в 8 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Вагоны и вагонное хозяйство»

А.А. Иванов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВВХ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

Г.И. Петров

С.В. Володин