

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: Грузовые 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 видов деятельности:

- производственно-технологической;
- организационно-управленческой;
- проектной;
- научно-исследовательской.

Дисциплина предназначена для получения знаний, умений и навыков для решения следующих профессиональных задач (в соответствии с видами деятельности):

- производственно-технологического:

- использования типовых методов расчёта надёжности элементов вагонов и их систем, анализа брака и выпуска некачественной продукции; разработки методов расчёта надёжности, технического контроля и испытания продукции, оценки качества продукции;

- организационно-управленческого:

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

- проектного:

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

- научно-исследовательского:

- научных исследований в области эксплуатации и производства вагонов, интерпретации и вероятностного моделирования отказов и процесса эксплуатации на основе теории надёжности с формулировкой аргументированных умозаключений и выводов; поиска и проверки новых технических решений по совершенствованию подвижного состава и системы поддержания надёжности в эксплуатации (системы технического обслуживания и ремонта); разработки 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-17 - Имеет навык определять показатели безопасности при эксплуатации грузовых 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	Введение Рассматриваемые вопросы: - цели и задачи дисциплины; - рекомендуемая литература; - порядок проведения текущей и промежуточной аттестации; - рекомендации по освоению дисциплины; - план самостоятельной работы студента.
2	Понятия теории надёжности. Место теории надёжности среди других дисциплин и её особенности Рассматриваемые вопросы: - классическая проблемная технико-экономическая задача надёжности; - детерминированные, вероятностные и стохастически неопределимые модели; - вопросы надёжности при решении практических задач; - история становления и развития; - объекты исследований в области надёжности; - современные направления исследований надёжности.
3	Понятия теории надёжности. Классификация понятий теории надёжности Рассматриваемые вопросы: - классификация понятий теории надёжности; - регламентирующие документы и стандарты в области надёжности;

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

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

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

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

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- вероятностная модель схода вагона с рельсов. Построение дерева событий. Переход от древовидной к двухполосной 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.

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

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

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

№ 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"> - анализа государственных стандартов на детали и узлы вагонов в части требований к надёжности; - определения перечня нормируемых показателей надёжности и других требований качества изделий; - определения порядка контроля заложенных показателей надёжности.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Отработка основных положений теории вероятностей по результатам входного контроля знаний.
2	Отработка контрольных вопросов по конспектам лекций и литературе. Консультации в интерактивном режиме.
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	Надежность рельсового нетягового подвижного состава : учебник для вузов ж.-д. трансп. / П.А. Устич, В.А. Карпычев, М.Н. Овечников ; Под ред. П.А. Устича. - М. : ИГ "Вариант", 1999. - 416 с.	Фонд РУТ (МИИТ) НТБ УЧ-6 (58)
2	Надежность вагона : учеб. пособие по дисц. "Надежность несамходного рельсового подвижного состава", "Безопасность движения и тормозные системы", "Основы проектирования несамходного рельсового подвижного состава" / П.А. Устич, М.Н. Овечников, В.А. Карпычев. - М. : МИИТ, 1997. - 211 с.	Фонд РУТ (МИИТ) НТБ УЧ-6 (18)
3	Нагруженность элементов конструкции вагона : учебник для вузов ж.-д. трансп. / В.Н. Котуранов, В.Д. Хусидов, П.А. Устич, А.И. Быков ; Под ред. В.Н. Котуранова. - М. : Транспорт, 1991. - 238 с. - ISBN 5-277-01219-2	Фонд РУТ (МИИТ) НТБ УЧ-6 (42)
4	Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для втузов / Е.С. Вентцель, Л.А.	Фонд РУТ (МИИТ) НТБ УЧ-3 (56)

	Овчаров. - 2-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 480 с. - ISBN 5-06-003830-0	
5	Оценка показателей надёжности вагонов : методические указания к практическим занятиям по дисц. "Надёжность подвижного состава" для студ. спец. "Подвижной состав железных дорог" специализации "Вагоны" / А. А. Иванов, П. А. Устич. - М. : МГУПС(МИИТ), 2015. - 44 с.	НТБ (уч.26); НТБ (фб.); НТБ (чз.2)
6	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.	https://umczdt.ru/read/2447/?page=1 (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.miiit.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, периферия);

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