

**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 - программа специалитета  
по специальности  
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,  
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО  
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 ФГАОУ ВО РУТ  
(МИИТ)

ID подписи: 11182

Подписал: заведующий кафедрой Козлов Максим  
Владимирович

Дата: 01.09.2026

## 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-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;

знать 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, понимать 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;

получить первичную информацию для оценки показателей надёжности;

знать и понимать порядок обработки первичной статистической информации 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;

обоснованием математических моделей 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;

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

### **Владеть:**

навыком оценки остаточного ресурса деталей и конструкции;

навыком оценки предельных размеров износов и трещин;

навыком определять опасные перечень опасных отказов;

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,

оценки согласованности моделей надёжности и эмпирических законов распределений;

навыками обосновывать математические модели надёжности деталей и узлов вагонов и систем;

навыками работы с вероятностными моделями;

навыками 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.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Введение<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- цели и задачи дисциплины;<br>- рекомендуемая литература;<br>- порядок проведения текущей и промежуточной аттестации;<br>- рекомендации по освоению дисциплины;<br>- план самостоятельной работы студента.                                                                                                                                                                                                                         |
| 2        | Понятия теории надёжности. Место теории надёжности среди других дисциплин и её особенности<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- классическая проблемная технико-экономическая задача надёжности;<br>- детерминированные, вероятностные и стохастически неопределимые модели;<br>- вопросы надёжности при решении практических задач;<br>- история становления и развития;<br>- объекты исследований в области надёжности;<br>- современные направления исследований надёжности. |
| 3        | Понятия теории надёжности. Классификация понятий теории надёжности<br>Рассматриваемые вопросы:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 4        | <p><b>Понятия теории надёжности. Классификация отказов</b></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><b>Понятия теории надёжности. Понятие надёжности объекта</b></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><b>Понятия теории надёжности. Классификация показателей надёжности. Показатели единичных свойств</b></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><b>Понятия теории надёжности. Показатели единичных свойств и комплексные показатели</b></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><b>Понятия теории надёжности. Задачи надёжности на разных этапах жизненного цикла изделия. Связь показателей надёжности и безопасности</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- стадии жизненного цикла конструкций;</li> <li>- проблемы и задачи теории надёжности на этапы 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><b>Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности. Модели надёжности неремонтируемых изделий</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- классификация изделий (простейшая);</li> <li>- ремонтируемые, неремонтируемые, восстанавливаемые, невосстанавливаемые изделия;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <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>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 10       | <p><b>Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности неремонтируемых изделий</b></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><b>Обоснование модели отказа неремонтируемых изделий. Модель постепенного износного отказа</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пример обоснования модели отказа подшипников.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 12       | <p><b>Вероятностные модели надёжности. Обоснование модели отказа неремонтируемых изделий. Модель усталостных отказов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пример обоснования модели отказа пятника вагона.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13       | <p><b>Вероятностные модели надёжности. Вероятностные модели надёжности ремонтируемых изделий</b></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><b>Упрощённая модель эксплуатации ремонтируемых изделий</b></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><b>Источники первичной информации о надёжности вагонов</b></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> </ul>                                                                                                                                                                                                                     |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- испытания на надёжность;</li> <li>- анализ схем. Эталонная схема сбора первичной информации.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 16       | <b>Заключение</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- обзорная лекция по темам семестра.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 17       | <b>Статистическое толкование показателей надёжности. Испытания на надёжность. Определительные испытания на надёжность</b><br>Рассматриваемые вопросы: <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       | <b>Статистическое толкование показателей надёжности. Классификация выборок. Этапы обработки информации. Предварительная обработка данных</b><br>Рассматриваемые вопросы: <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       | <b>Статистическое толкование показателей надёжности. Проверка однородности выборки.</b><br>Рассматриваемые вопросы: <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       | <b>Статистическое толкование показателей надёжности. Точечные и интервальные оценки параметров закона распределения наработки до отказа</b><br>Рассматриваемые вопросы: <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       | <b>Статистическое толкование показателей надёжности. Проверка качества точечных оценок. Критерии согласия</b><br>Рассматриваемые вопросы: <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 Фишера. Метод Джонсона.</li> </ul>                                                                                                                            |
| 22       | <b>Статистическое толкование показателей надёжности. Контрольные испытания на надёжность</b><br>Рассматриваемые вопросы: <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       | <b>Надёжность систем. Понятие системы. Правила построения расчётной схемы системы</b><br>Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие системы. Порядок системы;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <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> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структурные функции систем. Булевы переменные. Типовые последовательная, параллельная структуры. структура с m исправными из n. 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>Надёжность систем. Метод перебора состояний</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 m исправными из 5;</li> <li>- пример применения метода для систем с неприводимой структурой (мостиковой схемы).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 26       | <p>Надёжность систем. Метод логических схем</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>Надёжность систем. Дерево событий</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>Надёжность систем. Получение функции надёжности для древовидной структуры</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>Надёжность систем. Графовый метод оценки надёжности ремонтируемых систем</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>Связь показателей надёжности и безопасности.</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</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | железнодорожном транспорте;<br>- партер безопасности вагона (обеспечение безопасной эксплуатации вагонов).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 31       | Связь показателей надёжности и безопасности. Управляемые показатели безопасности вагона<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- вероятностная модель схода вагона с рельсов. Построение дерева событий. Переход от древовидной к дугополусной структуре. Пример дерева событий относительно столкновения поезда;<br>- концепция глубокоэшелонированной защиты вагона от аварий и крушений;<br>- показатели безопасности вагона, количественные характеристики безопасности вагона. |
| 32       | Заключение<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- обзорная лекция по курсу.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Работа со статистической информацией об отказах. Применение действующих классификаторов.<br>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:<br>- применения действующих классификаторов при анализе информации об отказах вагонов;<br>- формирования выборки наработок до отказов в соответствии со стандартным планом испытаний на надёжность;<br>- построения частотных графиков;<br>- 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<br>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:<br>- формирования выборки наработок до отказов из базы ЖТСВ;<br>- предварительного анализа статистической информации и определения наименее надёжных элементов конструкции;<br>- построения графиков распределений числа отказов между элементами конструкции, узлами, по причинам возникновения;<br>- 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.<br>Рассматриваемые вопросы:<br>- единичная функция Хевиссайда;<br>- построение экспериментальных функций распределения для полных выборок;<br>- построение экспериментальных функций распределения для неполных однократноусечённых выборок;<br>- построение эмпирической функции распределения для заданного отказа.                                                                                                                                                                                               |
| 4        | Применение метода максимального правдоподобия для неполной многократно усечённой выборки<br>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения универсальных программ для определения точечных оценок параметров законов распределения наработок до отказов;</li> <li>- применения метода максимального правдоподобия для неполных выборок и экспоненциального закона распределения;</li> <li>- получения точечных оценок параметра закона распределения наработки до заданного отказа в предположении экспоненциальности модели отказа.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5        | <p><b>Применение метода максимального правдоподобия для неполной выборки и закона распределения Вейбула-Гнеденко.</b></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> <li>- получения точечных оценок параметров закона распределения для заданной выборки.</li> </ul> |
| 6        | <p><b>Построение эмпирических функций распределения наработок до отказов методом Фисшбейна и Джонсона</b></p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- построения функция Фисшбейна и технология построения;</li> <li>- построения функция Джонсона и технология построения;</li> <li>- построения эмпирических функций распределения для тестового примера;</li> <li>- построения эмпирических функций распределения для неполной многократноусечённой выборки;</li> <li>- построения эмпирической функции распределения для заданного отказа.</li> </ul>                                                                                                      |
| 7        | <p><b>Решение практической задачи определения точечных оценок показателей безотказности для заданного отказа</b></p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнения всех этапов решения задачи получения точечных оценок показателей надёжности на основе статистической информации;</li> <li>- обоснования моделей отказов;</li> <li>- математической обработки результатов эксперимента, получения точечных оценок параметров законов распределения наработки до заданного отказа;</li> <li>- построения эмпирической функции распределения и применения критериев согласия;</li> <li>- получения показателей безотказности.</li> </ul>                  |
| 8        | <p><b>Применение метода максимального правдоподобия для сильно усечённых выборок</b></p> <p>В результате выполнения работы будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения технологии получения точечных оценок показателей надёжности при сильноусечённых выборках.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <p><b>Определение вероятности событий</b></p> <p>В результате занятия будут получены знания и сформированы навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения основных понятий теории вероятности, используемых в дисциплине;</li> <li>- применения классификации событий, понятий меры случайности событий;</li> <li>- применения меры зависимости событий;</li> <li>- применения понятия событие, как подпространство элементарных исходов, вероятность событий;</li> <li>- применения понятия неограниченное пространство элементарных исходов;</li> </ul> |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- применения понятий частота и вероятность события;</li> <li>- применения теорем о вероятности суммы и произведения событий.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 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> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <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 использовании вагона;</li> <li>- анализа ремонтпригодности при использовании вагона и определение направлений и мероприятий для её повышения на примере колёсных пар.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9        | <p><b>Оценка ремонтпригодности вагона применительно к ремонту крупного объёма (деповскому и капитальному)</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 нагуруза 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>                                                                                                                                                                                                                                 |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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"> <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>                    |
| 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.

| №<br>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).

| №<br>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> .<br>(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. Лозбинева, 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> .<br>(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-технической библиотеки 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»;

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

Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>);

Электронно-библиотечная система «Академия» (<http://academia-moscow.ru/>);

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 Autocad;

5. Система автоматизированного проектирования Компас;

6. Специализированная программа Mathcad;

7. При проведении занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, могут применяться следующие средства коммуникаций: ЭИОС РУТ(МИИТ), Microsoft Teams, электронная почта, скайп, WhatsApp и т.п.

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, 8 семестрах.

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 ВиТРПС

М.В. Козлов

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова