

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Палавицкий Александр Иванович

Должность: Декан

Дата подписания: 07.06.2026 09:00:30

Уникальный программный ключ:

770638d47c6678ee017510298d58787149701b88

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

УТВЕРЖДЕНА

Ученым советом университета

(протокол от 24.02.2026 №15)

Основы теории надежности

рабочая программа дисциплины (модуля)

Направление подготовки 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей

Направленность (профиль) Управление техническим состоянием железнодорожного пути

Квалификация **Инженер путей сообщения**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

расчетно-графическая работа 4

зачет с оценкой 4

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 4 (2.2) | | Итого | |
|--|---------|-------|-------|-------|
| | уп | рп | уп | рп |
| Неделя | 16 5/6 | | | |
| Вид занятий | уп | рп | уп | рп |
| Лекции | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Лабораторные | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Практические | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Конт. ч. на аттест. | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| Конт. ч. на аттест. в период ЭС | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| В том числе в форме практ.подготовки | 49 | 49 | 49 | 49 |
| Итого ауд. | 48 | 48 | 48 | 48 |
| Контактная работа | 48,55 | 48,55 | 48,55 | 48,55 |
| Сам. работа | 86,6 | 86,6 | 86,6 | 86,6 |
| Часы на контроль | 8,85 | 8,85 | 8,85 | 8,85 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

д.т.н., профессор, Суслов О.А.; старший преподаватель, Максимов И.С.

Рабочая программа дисциплины

Основы теории надежности

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 218)

составлена на основании учебного плана: 23.05.06-26-1-СЖДп.pli.plx

Направление подготовки 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей Направленность (профиль) Управление техническим состоянием железнодорожного пути

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Железнодорожный путь и строительство

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Атапин В.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Целью освоения дисциплины является овладение студентами теоретическими знаниями и практическими навыками, позволяющими осуществлять оценку надёжности транспортных объектов |
|-----|---|

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| | |
|-------------------|---------|
| Цикл (раздел) ОП: | Б1.О.22 |
|-------------------|---------|

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОПК-4 Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов

ОПК-4.3 Использует методы расчета показателей надежности объектов транспортной инфраструктуры при проектировании и эксплуатации

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

| | |
|------------|--|
| 3.1 | Знать: |
| 3.1.1 | законы механики для выполнения проектирования и расчета транспортных объектов; |
| 3.1.2 | показатели надежности при формировании технических заданий и разработке технической документации; |
| 3.2 | Уметь: |
| 3.2.1 | выполнять проектирование и расчёт транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов; |
| 3.2.2 | применять системы автоматизированного проектирования на базе отечественного и зарубежного программного обеспечения для проектирования транспортных объектов; |
| 3.3 | Владеть: |
| 3.3.1 | использует методы расчета надежности систем при проектировании транспортных объектов; |
| 3.3.2 | применяет показатели надежности при формировании технических заданий и разработке технической. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Примечание |
|-------------|---|----------------|-------|-------------------------|
| | Раздел 1. Раздел 1. Основные понятия и определения теории надежности | | | |
| 1.1 | Понятия о технических объектах, технических системах. Понятия о характерных событиях и состояниях технических объектов. Взаимосвязь состояний, событий при эксплуатации технических объектов. Понятия об эксплуатационных свойствах технических объектов /Лек/ | 4 | 1 | |
| 1.2 | Составление диаграммы взаимосвязей состояний и событий для объекта ж/д инфраструктуры /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 1.3 | Эксплуатационные свойства объекта ж/д инфраструктуры /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 1.4 | Надежность – как комплексное свойство технических объектов. Физические основы надежности. Понятия о показателях надежности. Показатели безотказности, сохраняемости, долговечности, ремонтпригодности. Понятия о моделях эксплуатации технических объектов. Понятия о планах наблюдения за техническими объектами. Понятия о законах и параметрах распределений /Лек/ | 4 | 1 | |
| 1.5 | Показатели безотказности, сохраняемости, долговечности, ремонтпригодности для объектов ж/д инфраструктуры /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 1.6 | Планы наблюдения за техническими объектами ж/д инфраструктуры /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 1.7 | Отработка лекционного материала и подготовка к практическим занятиям раздела 1 /Ср/ | 4 | 9 | |
| | Раздел 2. Раздел 2. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые технические объекты и их количественные и качественные характеристики | | | |
| 2.1 | Модель эксплуатации восстанавливаемых технических объектов. Оценка безотказности восстанавливаемых технических объектов. Статистическая оценка безотказности восстанавливаемых технических объектов в условиях эксплуатации. Оценка безотказности восстанавливаемых технических объектов при экспоненциальном распределении, при нормальном распределении, при логнормальном распределении, при распределении Вейбулла/ /Лек/ | 4 | 2 | |

| | | | | |
|---|--|---|----|-------------------------|
| 2.2 | Определение показателей надежности невосстанавливаемого элемента в условиях эксплуатации /Пр/ | 4 | 1 | Практическая подготовка |
| 2.3 | Определение показателей надежности невосстанавливаемого элемента при различных видах распределения /Лаб/ | 4 | 1 | Практическая подготовка |
| 2.4 | Модели эксплуатации восстанавливаемых технических объектов. Оценка безотказности восстанавливаемых объектов. Оценка безотказности восстанавливаемых объектов при экспоненциальном распределении, при смеси двух экспоненциальных распределений. Статистическая оценка безотказности восстанавливаемых технических объектов в условиях эксплуатации /Лек/ | 4 | 2 | |
| 2.5 | Определение показателей надежности восстанавливаемого элемента в условиях эксплуатации /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 2.6 | Определение показателей надежности восстанавливаемого элемента при различных видах распределения /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 2.7 | Оценка сохраняемости, ремонтпригодности и долговечности технических объектов /Лек/ | 4 | 2 | |
| 2.8 | Определение показателей сохраняемости технических объектов /Пр/ | 4 | 1 | Практическая подготовка |
| 2.9 | Определение показателей ремонтпригодности и долговечности технических объектов /Лаб/ | 4 | 1 | Практическая подготовка |
| 2.10 | Отработка лекционного материала и подготовка к практическим занятиям раздела 2 /Ср/ | 4 | 10 | |
| Раздел 3. Раздел 3. Расчёт надежности технических систем. Расчёт надёжности резервированных систем | | | | |
| 3.1 | Понятия о системах и структурных схемах надежности систем. Безотказность системы при последовательном и параллельном соединении элементов. Оценка надежности систем с параллельным и последовательным соединением элементов /Лек/ | 4 | 2 | |
| 3.2 | Оценка надежности систем с последовательным соединением элементов /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 3.3 | Оценка надежности систем с параллельным соединением элементов /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 3.4 | Понятия о резервировании систем. Виды резервирования (функциональное и структурное резервирование; нагруженный, ненагруженный и облегченный резервы; раздельное и общее резервирование; динамическое, с замещением, скользящее резервирование). Безотказность резервированных систем. Оценка показателей безотказности резервированных систем /Лек/ | 4 | 2 | |
| 3.5 | Расчет показателей надежности резервированных систем. Общее резервирование с постоянно включенным резервом. Общее резервирование замещением /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 3.6 | Расчет показателей надежности резервированных систем. Раздельное резервирование. Резервирование с дробной кратностью. Скользящее резервирование /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 3.7 | Отработка лекционного материала и подготовка к практическим занятиям раздела 3 /Ср/ | 4 | 10 | |
| Раздел 4. Раздел 4. Изменение надежности технических систем в процессе эксплуатации. Анализ и прогнозирование надежности и безопасности технических систем | | | | |
| 4.1 | Общие понятия о моделях изменения надежности. Параметрическая модель возникновения отказа. Вероятностная модель возникновения отказа. Классическая модель изменения надежности /Лек/ | 4 | 2 | |
| 4.2 | Построение параметрической и вероятностной модель возникновения отказа для объектов ж/д инфраструктуры /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 4.3 | Построение классической модели изменения надежности для объектов ж/д инфраструктуры /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 4.4 | Лямбда-характеристики технических объектов. Факторы, влияющие на надежность технических объектов. Математические средства анализа надежности технических объектов. Прогнозирование надежности /Лек/ | 4 | 2 | |
| 4.5 | Построение лямбда-характеристики для объекта ж/д инфраструктуры /Пр/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |
| 4.6 | Прогнозная оценка надежности для объектов ж/д инфраструктуры /Лаб/ | 4 | 2 | Практическая подготовка |

| | | | | | |
|--|---|---|-------------------------------|---|-------------------------|
| | Раздел 5. Самостоятельная работа | | | | |
| 5.1 | подготовка к лекциям /Ср/ | | | 4 | 8 |
| 5.2 | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/ | | | 4 | 32 |
| 5.3 | Выполнение РГР/Ср/ | | | 4 | 17,6 |
| | Раздел 6. контактная работа | | | | Практическая подготовка |
| 6.1 | Зачет с оценкой /КЭ/ | | | 4 | 0,15 |
| 6.2 | РГР/КА/ | | | 4 | 0,4 |
| 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ | | | | | |
| <p>Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.</p> <p>Формы и виды текущего контроля по дисциплине (модулю), виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.</p> <p>Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины (модуля), как правило, с использованием ЭИОС или путем проверки письменных работ, предусмотренных рабочими программами дисциплин в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся. Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.</p> | | | | | |
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | | | | | |
| 6.1. Рекомендуемая литература | | | | | |
| 6.1.1. Основная литература | | | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Эл. адрес | |
| Л1.1 | Половко А. М., Гуров С. В. | Основы теории надежности: учеб. пособие для вузов | СПб.: БХВ - Петербург, 2006 | | |
| 6.1.2. Дополнительная литература | | | | | |
| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Эл. адрес | |
| Л2.1 | Сапожников В. В., Сапожников В. В., Ефанов Д. В. | Основы теории надежности и технической диагностики: учебник | Санкт-Петербург г: Лань, 2019 | https://e.lanbook.com/bo | |
| 6.2 Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) | | | | | |
| 6.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения | | | | | |
| 6.2.1.1 | Microsoft Office Professional Plus 2016 | | | | |
| 6.2.1.2 | 7-zip http://www.7-zip.org/ (GNU LGPL license) | | | | |
| 6.2.1.3 | Adobe reader XI | | | | |
| 6.2.1.4 | Universal Mechanism 6 | | | | |
| 6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем | | | | | |
| 6.2.2.1 | База данных Объединения производителей железнодорожной техники - www.opzt.ru | | | | |
| 6.2.2.2 | База данных Государственных стандартов: http://gostexpert.ru/ | | | | |
| 6.2.2.3 | База данных «Железнодорожные перевозки» https://cargo-report.info/ | | | | |
| 6.2.2.4 | База Данных АСПИЖТ Открытые данные Росжелдора http://www.roszeldor.ru/opendata | | | | |
| 6.2.2.5 | Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/ | | | | |
| 6.2.2.6 | Справочная правовая система ГАРАНТ (интернет-версия). URL: http://www.garant.ru/iv/ | | | | |

| | |
|---|--|
| 6.2.2.7 | ЭБС УМЦ ЖДТ – электронно-библиотечная система, Сетевая программа, Договор 1Э-2 от 19.03.2019 |
| 6.2.2.8 | ЭБС Лань - электронно-библиотечная система, Сетевая программа, Договор ПУ/2019-03/75 от 10.04.2019 |
| 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | |
| 7.1 | Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации большой аудитории и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное). |
| 7.2 | Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное) |
| 7.3 | Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. |
| 7.4 | Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования |
| 7.5 | Лаборатории, оснащенные специальным лабораторным оборудованием. |

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Основы теории надежности

(наименование дисциплины(модуля))

Направление подготовки / специальность

23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей

(код и наименование)

Направленность (профиль)/специализация

Управление техническим состоянием железнодорожного пути

(наименование)

Содержание

1. Пояснительная записка.
2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций.
3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.

1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой в 4 семестре (для очного обучения), зачет с оценкой на 2 курсе (для заочного обучения)

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

| Код и наименование компетенции | Код индикатора достижения компетенции |
|--|--|
| ОПК-4: Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов | ОПК-4.3: Использует методы расчета показателей надежности объектов транспортной инфраструктуры при проектировании и эксплуатации |

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Результаты обучения по дисциплине | Оценочные материалы |
|--|---|---------------------|
| ОПК-4.3: Использует методы расчета показателей надежности объектов транспортной инфраструктуры при проектировании и эксплуатации | Обучающийся знает: законы механики для выполнения проектирования и расчета транспортных объектов; показатели надежности при формировании технических заданий и разработке технической документации; | Вопросы (1-18) |
| | Обучающийся умеет: выполнять проектирование и расчёт транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов; применять системы автоматизированного проектирования на базе отечественного и зарубежного программного обеспечения для проектирования транспортных объектов; | Кейс-задание (1-5) |
| | Обучающийся владеет: использует методы расчета надежности систем при проектировании транспортных объектов; применяет показатели надежности при формировании технических заданий и разработке технической. | Задания (6-8) |

Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение заданий в ЭИОС университета.

2. Типовые¹ контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций

2.1 Типовые вопросы (тестовые задания) для оценки знаниевого образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Образовательный результат |
|--|---|
| ОПК-4.3: Использует методы расчета показателей надежности объектов транспортной инфраструктуры при проектировании и эксплуатации | Обучающийся знает: законы механики для выполнения проектирования и расчета транспортных объектов; показатели надежности при формировании технических заданий и разработке технической документации; |
| <p><i>Примеры вопросов/заданий</i></p> <p>Безотказность - это:</p> <ol style="list-style-type: none">1) свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение всего времени работы;2) свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки;3) свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта;4) свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта. <p>2 Долговечность - это:</p> <ol style="list-style-type: none">1) свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта;2) свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования;3) свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта;4) свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. <p>3 Ремонтопригодность - это:</p> <ol style="list-style-type: none">1) свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования;2) свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки;3) свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта;4) свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта. <p>4 Сохраняемость - это:</p> <ol style="list-style-type: none">1) свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта;2) свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта;3) свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки;4) свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования. <p>5 Исправное состояние - это:</p> <ol style="list-style-type: none">1) состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации; | |

¹ Приводятся типовые вопросы и задания. Оценочные средства, предназначенные для проведения аттестационного мероприятия, хранятся на кафедре в достаточном для проведения оценочных процедур количестве вариантов. Оценочные средства подлежат актуализации с учетом развития науки, образования, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы. Ответственность за нераспространение содержания оценочных средств среди обучающихся университета несет заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

- 2) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 3) состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативнотехнической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 4) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

6 Неисправное состояние - это:

- 1) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 2) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 3) состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативнотехнической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 4) состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

7 Надежность трактуется как:

- 1) свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования;
- 2) свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования;
- 3) свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта;
- 4) свойство объекта максимально возможно поддерживать во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих выполнение требуемых функций в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования.

8 Работоспособное состояние - это:

- 1) состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 2) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 3) состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативнотехнической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 4) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

9 Неработоспособное состояние - это:

- 1) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 2) состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно;
- 3) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 4) состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

10 Предельное состояние - это:

- 1) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

- 2) состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 3) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 4) состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

11 ОТКАЗ – это:

- 1) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 2) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 3) событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта;
- 4) событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

12 Повреждение - это:

- 1) событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта;
- 2) каждое отдельное несоответствие объекта установленным нормам или требованиям;
- 3) событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния;
- 4) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

13 Дефектом называется:

- 1) событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния;
- 2) событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта;
- 3) состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;
- 4) каждое отдельное несоответствие объекта установленным требованиям или нормам.

14 Оценка надежности - это:

- 1) величина, отражающая измерение количественных показателей системы, связанных с ее помехоустойчивостью и стабильностью;
- 2) измерение количественных метрик атрибутов субхарактеристик в использовании: завершенности, устойчивости к дефектам, восстанавливаемости и доступности/готовности;
- 3) показатель, характеризующий время безотказной работы системы;
- 4) измерение количественных метрик атрибутов субхарактеристик в использовании: стабильности, устойчивости к дефектам, помехоустойчивости и доступности/готовности.

15 Критерий длительности наработки на отказ:

- 1) определяется временем работоспособного состояния системы между последовательными сбоями или началами нормального функционирования системы после них;
- 2) определяется временем простоя системы вследствие произошедших сбоев;
- 3) определяется временем восстановления системы после произошедших сбоев;
- 4) определяется временем работоспособного состояния системы между последовательными отказами или началами нормального функционирования системы после них.

16 Интенсивность отказов - это:

- 1) относительное количество отказов, приходящееся на каждую единицу времени;
- 2) количество отказов, зарегистрированных в ходе испытания системы;
- 3) частота произошедших сбоев;
- 4) относительное количество отказов, приходящихся на все время функционирования и простоя системы.

17 Вероятность отказа – это:

- 1) вероятность появления отказа по окончании заданного интервала;
- 2) вероятность появления отказа до конца заданного интервала;

- 3) вероятность того, что объект сохранит работоспособность, т.е. не будет отказов в течение заданного интервала;
- 4) вероятность того, что объект сохранит работоспособность, но при этом произойдет сбой в течение заданного интервала.
- 18 Вероятность безотказной работы – это:**
- 1) вероятность появления отказа по окончании заданного интервала;
- 2) вероятность появления отказа до конца заданного интервала;
- 3) вероятность того, что объект сохранит работоспособность, т.е. не будет отказов в течение заданного интервала;
- 4) вероятность того, что объект сохранит работоспособность, но при этом произойдет сбой в течение заданного интервала.

2.2 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Образовательный результат |
|--|---|
| ОПК-4.3: Использует методы расчета показателей надежности объектов транспортной инфраструктуры при проектировании и эксплуатации | Обучающийся умеет: выполнять проектирование и расчёт транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов; применять системы автоматизированного проектирования на базе отечественного и зарубежного программного обеспечения для проектирования транспортных объектов; |

Примеры заданий

Кейс-задание 1.

Определить статистическую оценку среднего времени безотказной работы изделия и абсолютную погрешность при:

- $t_1 = 560 \text{ час.}; t_2 = 700 \text{ час.}; t_3 = 800 \text{ час.}; t_4 = 650 \text{ час.}; t_5 = 580 \text{ час.}; t_6 = 760 \text{ час.};$
- $t_1 = 15 \text{ мин.}; t_2 = 20 \text{ мин.}; t_3 = 10 \text{ мин.}; t_4 = 28 \text{ мин.}; t_5 = 22 \text{ мин.}; t_6 = 30 \text{ мин.}$
- $t_1 = 45 \text{ мин.}; t_2 = 50 \text{ мин.}; t_3 = 40 \text{ мин.}; t_4 = 58 \text{ мин.}; t_5 = 52 \text{ мин.}; t_6 = 60 \text{ мин.}$
- $t_1 = 150 \text{ мин.}; t_2 = 200 \text{ мин.}; t_3 = 100 \text{ мин.}; t_4 = 280 \text{ мин.}; t_5 = 220 \text{ мин.}; t_6 = 300 \text{ мин.}$

Кейс-задание 2.

Определить интенсивность отказов и вероятность безотказной работы объекта $P(t)$ по данным наблюдений во время рабочего периода:

$$y = N_n - N_k / 0.5(N_n + N_k)$$

$$P(t) = 1 - (N_n - N_k) / N_n .$$

- N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 70 N_k - количество изделий при очередном осмотре 65.
- N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 90. N_k - количество изделий при очередном осмотре 75.
- N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 100. N_k - количество изделий при очередном осмотре 85
- N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 110. N_k - количество изделий при очередном осмотре 95

Вероятность безотказной работы устройства при количестве наблюдений ($N=100$)

Кейс-задание 3.

Вероятность безотказной работы устройства при количестве наблюдений ($N=100$)

$$P(240) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = \frac{100 - 10}{100} = 0,9$$

- число отказов ($n=10$)
- число отказов ($n=20$)
- число отказов ($n=30$)

4. число отказов (n=40)

Кейс-задание 4.

Имеются следующие данные о размерах изделия

4,2; 2,4; 4,9; 6,7; 4,5; 2,7; 3,9; 2,1; 5,8; 4,0; 2,8; 7,3; 4,4; 6,6; 2,0; 6,2; 7,0; 8,1; 0,7; 6,8; 9,4; 7,6; 6,3; 8,8; 6,5; 1,4; 4,6; 2,0; 7,2; 9,1.

1. построить интервальную таблицу частот с шириной интервала 2 и гистограмму
2. построить интервальную таблицу частот с шириной интервала 3 и гистограмму
3. построить интервальную таблицу частот с шириной интервала 4 и гистограмму
4. построить интервальную таблицу частот с шириной интервала 5 и гистограмму

Кейс-задание 5.

Определить интенсивность отказа приборов грузоподъемного устройства, состоящего из пяти приборов и наработку на отказ, если справедлив экспоненциальный закон распределения.

$$\lambda_1 = \frac{n_1}{t_1} = \frac{2}{360} = 0,55 \cdot 10^{-2} \text{1/час} \quad t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{1800}{10} = 180$$

При обследовании установлено, что

1. первый прибор отказал два раза (n=2) в течение (t=360) часов работы,
2. второй - три раза (n=3) в течение (t=500) часов,
3. третий - один раз (n=1) в течение (t=280) часов,
4. четвертый - четыре раза (n=4) в течение (t=150) часов

ОПК-4.3: Использует методы расчета показателей надежности объектов транспортной инфраструктуры при проектировании и эксплуатации

Обучающийся владеет: использует методы расчета надежности систем при проектировании транспортных объектов; применяет показатели надежности при формировании технических заданий и разработке технической.

Кейс-задание 6.

Система состоит из 10 равнонадежных элементов, среднее время безотказной работы элемента $T_{cp} = 10000$ ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти среднее время безотказной работы системы $T_{cp} = 1000$, а также частоту отказов $\phi(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени $t = 50$ ч в следующих случаях:

а) нерезервированной системы

Решение:

а) $\lambda_c = \sum \lambda_i$, где λ_c – интенсивность отказов системы;

λ_i – интенсивность отказов i – го элемента; $n=10$.

$\lambda_i = 1 / mti = 1 / 1000 = 0,001$; $i = 1, 2, \dots, n$; $\lambda = \lambda_i$;

$\lambda_c = \lambda \cdot n = 0,001 \cdot 10 = 0,01$ 1/ч;

$T_{cp} = 1 / \lambda_c = 100$ ч;

$\phi_c(t) = \lambda_c(t) \cdot P_c(t)$;

$\lambda_c(50) = \lambda$; $P(t) = e^{-\lambda_c t}$

$\phi_c(50) = \lambda \cdot e^{-\lambda_c t} = 0,01 \cdot e^{-0,01 \cdot 50} = 3 \cdot 10^{-3}$ 1/ч;

$\lambda_c(50) = 0,01$ 1/ч.

Кейс-задание 7.

Нерезервированная система управления состоит из $n=5000$ элементов. Для повышения надежности системы предполагается провести общее дублирование элементов. Чтобы приблизительно оценить возможность достижения заданной вероятности безотказной работы системы $P_c(t) = 0,9$ при $t=10$ ч, необходимо рассчитать среднюю интенсивность отказов одного элемента при предположении отсутствия последствия отказов.

Решение: Вероятность безотказной работы системы при общем дублировании и равнонадежных элементах равна

$P_c(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^2$ или $P_c(t) = 1 - [1 - P(t)]^2$, где $P_c(t) = e^{-\lambda t}$.

Здесь $P(t)$ – вероятность безотказной работы одного элемента. Так как должно быть $1 - [1 - P(t)]^2 \geq 0,9$, то

$P(t) \geq (1 - \sqrt{0,1})^{1/n}$.

Разложив $(1 - \sqrt{0,1})$ по степени $1/n$ в ряд и пренебрегая членами ряда высшего порядка малости, получим

$$(1 - \sqrt{0,1})^{1/5000} \approx 1 - \frac{1}{5000} \sqrt{0,1} = 1 - 6,32 \cdot 10^{-5}.$$

Учитывая, что $P(t) = \exp(-\lambda t) \approx 1 - \lambda t$, получим

$$1 - \lambda t \geq 1 - 6,32 \cdot 10^{-5} \text{ или } \lambda \leq (6,32 \cdot 10^{-5}) / t = (6,32 \cdot 10^{-5}) / 10 = 6,32 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час.}$$

Кейс-задание 8.

Система состоит из 10 равнонадежных элементов, среднее время безотказной работы элемента $T_{cp} = 1000$ ч. Предполагается, что справедлив экспоненциальный закон надежности для элементов системы и основная и резервная системы равнонадежны. Необходимо найти вероятность безотказной работы системы $P_c(t)$, среднее время безотказной работы системы T_{cp} , а также частоту отказов $\phi_c(t)$ и интенсивность отказов $\lambda_c(t)$ в момент времени $t = 50$ час в следующих случаях:

а) нерезервированной системы,

б) дублированной системы при включении резерва по способу замещения (ненагруженный резерв).

п

Решение: $\lambda_c = \sum \lambda_i, i=1$

где λ_c – интенсивность отказов системы, λ_i – интенсивность отказов i -го элемента; $n = 10, \lambda_i = 0,001; i=1, n; \lambda = \lambda_i, T_{cp} = 1000$

$$\lambda_c = \lambda \cdot n = 0,001 \cdot 10 = 0,01 \text{ 1/ч, } T_{cp} = 100 \text{ ч; } P_c(t) = e^{-\lambda_c t}; \lambda_c \phi_c(t) = \lambda_c(t) \cdot P_c(t); \lambda_c(50) = \lambda_c; \phi(50) = \lambda_c e^{-\lambda_c t} = 0,01 \cdot e^{-0,01 \cdot 50} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч; } \lambda_c(50) = 0,01 \text{ 1/ч. } m = 12 T_{cp}; m = 1; T_{cp} = 200 \text{ ч.}$$

$$\lambda_c = 0,01 \text{ Определяем } P_c(t) \text{ по формуле: } m(\lambda t)^i P(t) = e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\lambda t)^i}{i!} = e^{-\lambda t} (1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} + \dots)$$

Так как $\lambda = \lambda_c$, то $P_c(t) = e^{-\lambda_c t} (1 + \lambda_c t)$.

$$\text{Определяем } \phi_c(t). \text{ Имеем } dP_c(t) = -\lambda_c P_c(t) dt = -\lambda_c e^{-\lambda_c t} (1 + \lambda_c t) dt = -\lambda_c e^{-\lambda_c t} dt - \lambda_c^2 t e^{-\lambda_c t} dt$$

$$\text{Определяем } \lambda_c(t). \phi_c(t) = -\frac{dP_c(t)}{P_c(t)} = \lambda_c + \lambda_c^2 t$$

$$\text{Определяем } P_c(50), \phi_c(50), \lambda_c(50). \text{ Имеем } P_c(50) = e^{-0,01 \cdot 50} (1 + 0,01 \cdot 50) = e^{-0,5} \cdot 1,5 = 0,6065 \cdot 1,5 \approx 0,91, \phi(50) = 0,012 \cdot 50 \cdot e^{-0,01 \cdot 50} = 0,01 \cdot 0,5 \cdot e^{-0,5} \approx 3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч,}$$

$$\lambda_c(50) = 0,01 + 0,01^2 \cdot 50 = 0,0105 \approx 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/ч}$$

2.3. Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации

1. Понятия о технических объектах, технических системах.
 2. Понятия о характерных событиях и состояниях технических объектов.
 3. Взаимосвязь состояний, событий при эксплуатации технических объектов.
 4. Понятия об эксплуатационных свойствах технических объектов.
 5. Физические основы надежности.
 6. Надежность – как комплексное свойство технических объектов.
 7. Понятия о показателях надежности. Показатели безотказности, сохраняемости, долговечности, ремонтпригодности, живучести.
 8. Понятия о моделях эксплуатации технических объектов.
 9. Понятия о планах наблюдения за техническими объектами.
 10. Понятия о законах и параметрах распределений.
- Раздел 2 «Количественные характеристики надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов»
11. Модель эксплуатации невосстанавливаемых технических объектов.
 12. Статистическая оценка безотказности и живучести невосстанавливаемых технических объектов в условиях эксплуатации.
 13. Оценка безотказности и живучести невосстанавливаемых технических объектов при экспоненциальном распределении, при нормальном распределении, при логнормальном распределении, при распределении Вейбулла.
 14. Модели эксплуатации восстанавливаемых технических объектов.
 15. Оценка безотказности и живучести восстанавливаемых объектов при экспоненциальном распределении, при смеси двух экспоненциальных распределений.

16. Статистическая оценка безотказности восстанавливаемых технических объектов в условиях эксплуатации.
 17. Оценка сохраняемости, ремонтпригодности и долговечности технических объектов.
- Раздел 3 «Расчёт систем на надёжность. Методы расчёта надёжности резервированных объектов»
18. Понятия о системах и структурных схемах надёжности объектов.
 19. Безотказность системы при последовательном и параллельном соединении элементов.
 20. Оценка надёжности и живучести объектов с параллельным и последовательным соединением элементов.
 21. Понятия о резервировании объектов.
 22. Виды резервирования (функциональное и структурное резервирование; нагруженный, ненагруженный и облегченный резервы; раздельное и общее резервирование; динамическое, с замещением, скользящее резервирование).
 23. Безотказность резервированных объектов.
 24. Оценка показателей безотказности резервированных объектов.
- Раздел 4 «Изменение надёжности технических объектов в процессе эксплуатации. Анализ надёжности»
25. Общие понятия о моделях изменения надёжности.
 26. Параметрическая модель возникновения отказа.
 27. Вероятностная модель возникновения отказа.
 28. Классическая модель изменения надёжности.
 29. Лямбда-характеристики технических объектов.
 30. Факторы, влияющие на надёжность технических объектов.
 31. Математические средства анализа надёжности технических объектов.
 32. Прогнозирование надёжности.

3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75–60 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60 % от общего объёма заданных вопросов.

Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий

- «Отлично/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.
- «Хорошо/зачтено»** – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.
- «Удовлетворительно/зачтено»** – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.
- «Неудовлетворительно/не зачтено»** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.
- Виды ошибок:*
- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*

- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*
- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*

Критерии формирования оценок по зачету с оценкой

«Отлично/зачтено» – студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний, не допустил логических и фактических ошибок

«Хорошо/зачтено» – студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний; допустил незначительные ошибки и неточности.

«Удовлетворительно/зачтено» – студент допустил существенные ошибки.

«Неудовлетворительно/не зачтено» – студент демонстрирует фрагментарные знания изучаемого курса; отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки.

Оценка **«зачтено»** соответствует критериям оценок от **«отлично»** до **«удовлетворительно»**.

Оценка **«не зачтено»** соответствует критерию оценки **«неудовлетворительно»**.

