

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаранин Максим Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 18.03.2026 13:18:11
Уникальный программный ключ:
7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Основы теории надежности

рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей
Специализация Управление техническим состоянием железнодорожного пути

Квалификация **Инженер путей сообщения**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)		Итого	
	16 3/6			
Неделя	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	0,25	0,25	0,25	0,25
В том числе в форме практ.подготовки	49	49	49	49
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48,65	48,65	48,65	48,65
Сам. работа	86,6	86,6	86,6	86,6
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

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

Рабочая программа дисциплины

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: 23.05.06-25-4-СЖДп.pli.plx

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

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.20
-------------------	---------

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	выполнять проектирование и расчёт транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов;
3.3.2	применять системы автоматизированного проектирования на базе отечественного и зарубежного программного обеспечения для проектирования транспортных объектов;
3.3.3	

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 невосстанавливаемых технических объектов. Оценка безотказности невосстанавливаемых технических объектов. Статистическая оценка безотказности невосстанавливаемых технических объектов в условиях эксплуатации. Оценка безотказности невосстанавливаемых 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 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. Расчет надежности технических систем. Расчет 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. 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

6.2.1.4	Universal Mechanism 6
6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	
6.2.2.1	База данных совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества - www.sovetgt.ru
6.2.2.2	База данных Объединения производителей железнодорожной техники - www.opzt.ru
6.2.2.3	База данных Некоммерческого партнерства производителей и пользователей железнодорожного подвижного состава «Объединение вагоностроителей» - www.ovsr.rf
6.2.2.4	База данных Росстандарта – https://www.gost.ru/portal/gost/
6.2.2.5	База данных Государственных стандартов: http://gostexpert.ru/
6.2.2.6	База данных «Железнодорожные перевозки» https://cargo-report.info/
6.2.2.7	База Данных АСПИЖТ Открытые данные Росжелдора http://www.roszeldor.ru/opendata
6.2.2.8	Консультант Плюс. URL: http://www.consultant.ru/
6.2.2.9	Справочная правовая система ГАРАНТ (интернет-версия). URL: http://www.garant.ru/iv/ .
6.2.2.1 0	ЭБС УМЦ ЖДТ – электронно-библиотечная система, Сетевая программа, Договор 1Э-2 от 19.03.2019
6.2.2.1 1	ЭБС Лань - электронно-библиотечная система, Сетевая программа, Договор ПУ/2019-03/75 от 10.04.2019
6.2.2.1 2	ЭБС Библиотех- электронно-библиотечная система, Сетевая программа, Договор ПИ/2019-01/24 от 23.01.2019
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

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

Основы теории надежности

(наименование дисциплины(модуля))

Направление подготовки / специальность

23.05.05 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 СамГУПС.

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;2) состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность	

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 несут заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

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:

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

Кейс-задание 2.

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

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

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

1. N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 70. N_k - количество изделий при очередном осмотре 65.
2. N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 90. N_k - количество изделий при очередном осмотре 75.
3. N_n - количество изделий при предыдущем осмотре 100. N_k - количество изделий при очередном осмотре 85.
4. 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 ($N=100$)

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

1. число отказов ($n=10$)
2. число отказов ($n=20$)
3. 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; $n=10$.

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

$\lambda_c = \lambda \cdot n = 0,001 \cdot 10 = 0,01$ 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 приближенно 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
 $1 - \lambda t \geq 1 - 6,32 \cdot 10^{-5}$ или $\lambda \leq (6,32 \cdot 10^{-5}) / t = (6,32 \cdot 10^{-5}) / 10 = 6,32 \cdot 10^{-6}$ 1/час.

Кейс-задание 8.

Система состоит из 10 равнонадежных элементов, среднее время безотказной работы элемента $T_{ср} = 1000$ 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 $T_{ср}$, 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 11 отказов i -го элемента; $n = 10, \lambda_i = 0,001; i=1, n; \lambda = \lambda_i, T_{ср} = 1000$

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

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

Так как $\lambda_0 = \lambda_c$, то $P_c(t) = e^{-\lambda_c t} (1 + \lambda_c t)$.

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

Определяем $\lambda_c(t)$. $\phi_c(t) = -\lambda_c t e^{-\lambda_c t} + e^{-\lambda_c t} = e^{-\lambda_c t} (1 - \lambda_c t)$

Определяем $P_c(50), \phi_c(50), \lambda_c(50)$. Имеем $P_c(50) = e^{-0,01 \cdot 50} (1 + 0,0150) = e^{-0,5} \cdot 1,5 = 0,6065 \cdot 1,5 \approx 0,91$, $\phi(50) = 0,012 \cdot 50 \cdot e^{-0,01 \cdot 50} = 0,01 \cdot 0,5 \cdot e^{-0,5} \approx 3 \cdot 10^{-3}$ 1/ч,

$\lambda_c \phi_c(50) = 3 \cdot 10^{-3} / 0,91 \approx 3,3 \cdot 10^{-3}$ 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

«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»**.

