



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО
решением ученого совета ИЭЭ
протокол № 7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЭЭ

_____ Р.В. Ахметова
« _____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.05.02 Эксплуатационная надежность тягового оборудования
электромобилей

Направление подготовки _____ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(и)
(профиль(и)) _____ Электромобильный и беспилотный транспорт

Квалификация _____ Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ЭТКС	к.т.н., доцент	Литвиненко Р.С.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭТКС	17.05.2023	Протокол №29	_____ Зав. кафедрой ЭТКС, к.т.н., доцент Павлов П.П.
Согласована	ЭТКС	17.05.2023	Протокол №29	_____ Зав. кафедрой ЭТКС, к.т.н., доцент Павлов П.П.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	Протокол №8	_____ Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	Протокол №9	_____ Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Ахметова Р.В.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Эксплуатационная надежность тягового оборудования электромобилей» является изучение основ теории и практики оценки показателей надежности различных элементов тягового оборудования (ТО) электромобилей (ЭМ) с учетом восстановления и дисциплины обслуживания.

Задачами дисциплины являются:

- формирование у студентов целостного представления о основных положениях теории надежности применительно к ТО ЭМ;
- структурирование сведений о методах анализа надежности ТО ЭМ;
- формирование практических навыков расчета надежности ТО с учетом восстановления

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2 Способен участвовать в проектировании электромобильного и беспилотного транспорта	ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений
ПК-3 Способен участвовать в эксплуатации электромобильного и беспилотного транспорта	ПК-3.1 Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования электромобильного и беспилотного транспорта

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Математика. Проектирование электрооборудования электромеханических комплексов и систем.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
				7	
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216		216	
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	103		103	
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,88	68		68	
Лекции	0,5	18		18	
Практические (семинарские) занятия	0,94	34		34	
Лабораторные работы	0,44	16		16	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,11	112		112	
Проработка учебного материала	2,11	76		76	
Курсовая работа	1	36		36	

Подготовка к промежуточной аттестации	1	36		36	
Промежуточная аттестация:				Э	

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ					
КОНТАКТНАЯ РАБОТА					
АУДИТОРНАЯ РАБОТА					
Лекции					
Практические (семинарские) занятия					
Лабораторные работы					
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ					
Проработка учебного материала					
Курсовой проект					
Курсовая работа					
Подготовка к промежуточной аттестации					
Промежуточная аттестация:					

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Теория надежности, понятия и определения	17	6			11	ТК1	ПК-2.13+ПК-3.13
Раздел 2. Математические основы теории надежности	21	4		6	11	ТК2	ПК-2.1 3,У
Раздел 3. Методы анализа надежности технических систем	38	4	4	12	18	ТК3	
Раздел 4. Методы повышения надежности ТО ЭМ	40	2	8	12	18	ТК4	ПК-3.1 3,У
Раздел 5. Надежность и техногенный риск ТО ЭМ	28	2	4	4	18	ТК5	ПК-3.1 3,У
Курсовая работа	36				36		ПК-2.1 У,В+ПК-3.1У,В
Экзамен	36					ОМ	ПК-2.1+ ПК-3.1
ИТОГО	216	18	16	34	112		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Теория надежности, понятия и определения.

Лекция 1.1. Теория надежности. Термины и определения.

Лекция 1.2. Факторы, влияющие на надежность ЭМК и С. Виды отказов технических объектов. Критерии и показатели надежности технических объектов.

Лекция 1.3. Анализ надежности ТО электрического транспорта. Надежность электромобилей.

Раздел 2. Математические основы теории надежности.

Лекция 2.1. Элементы теории вероятностей и математической статистики.

Лекция 2.2. Законы распределения времени до отказа.

Раздел 3. Методы анализа надежности технических систем.

Лекция 3.1. Методы анализа надежности, основанные на применение теории вероятностей.

Лекция 3.2. Описание функционирования технической системы в смысле их надежности.

Раздел 4. Методы повышения надежности ТО ЭМ.

Лекция 4.1. Анализ методов обеспечения и повышения надежности элементов ТО ЭМ.

Раздел 5. Надежность и техногенный риск ТО ЭМ.

Лекция 5.1. Понятие о техногенном риске. Надежность и техногенный риск ЭМК и С.

3.4. Тематический план практических занятий

Практическое занятие 1. Статистический анализ данных о надежности технических объектов.

Практическое занятие 2. Законы распределения времени до отказа технических объектов.

Практическое занятие 3. Оценивание показателей надежности невозстанавливаемых технических объектов.

Практическое занятие 4. Оценивание показателей надежности восстанавливаемых технических объектов.

Практическое занятие 5. Расчет комплексных показателей надежности технических объектов.

Практическое занятие 6. Проектный расчет количественных показателей надежности ТО ЭМ.

Практическое занятие 7. Расчет проектной надежности ТО ЭМ с учетом и без восстановления резервных элементов.

Практическое занятие 8. Распределение требований по надежности с учетом важности подсистем ТО ЭМ.

Практическое занятие 9. Исследование эффективности различных видов структурного резервирования.

Практическое занятие 10. Исследование влияния надежности на техногенный риск ЭМ.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Нормирование надежности элементов ТО ЭМ различными методами.

Лабораторная работа 2. Исследование надежности ТО ЭМ в зависимости от структуры.

Лабораторная работа 3. Исследование надежности ТО ЭМ с учетом дисциплины обслуживания.

Лабораторная работа 4. Выбор оптимального варианта ТО ЭМ с учетом надежности и техногенного риска.

3.5. Курсовая работа

Курсовая работа по теме «Статистическая обработка экспериментальных данных о надежности тягового оборудования» выполняется в соответствии с исходными данными по вариантам.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий от 85 до 100	Средний от 70 до 84	Ниже среднего от 55 до 69	Низкий от 0 до 54
Шкала оценивания						
		отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
зачтено					не зачтено	
ПК-2	ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений	знать:				
		Основы статистического анализа экспериментальных данных о надежности элементов ТО ЭМ	Свободно и в полном объеме описывает все теоретические положения методики статистического анализа данных и все оцениваемые показатели	Свободно и в полном объеме описывает все теоретические положения методики статистического анализа данных. Достаточно полно знает все оцениваемые показатели	Плохо описывает все теоретические положения методики статистического анализа данных, ошибается при описании оцениваемых показателей	Не знает теоретических положений методики статистического анализа данных и оцениваемые при этом показатели
		уметь:				
		Осуществлять работ по	Свободно осуществл	Умеет осуществл	Слабо, с ошибками	Не умеет осуществл

		обработке и анализу научно-технической информации, результатов исследований для проектирования ТО ЭМ и его компонентов	яет обработку и анализ научно-технической информации, результатов исследований надежности и ТО ЭМ и егокомпонентов	ять работы по обработке и анализу научно-технической информации, результатов исследований надежности и компонент ов ТО ЭМ, допускает незначительные ошибки	осуществляет обработку и анализ научно-технической информации, результатов исследований надежности и ТО ЭМ и егокомпонентов	ять работы по обработке и анализу научно-технической информации, результатов исследований надежности и ТО ЭМ и егокомпонентов
		владеть:				
		Математическим аппаратом оценки показателей надежности различных элементов ТО ЭМ, и ЭМ в целом	Владеет математическим аппаратом оценки показателей надежности и различных элементов ТО ЭМ, и ЭМ в целом	Владеет математически м аппаратом оценки показателей надежности и различных элементов ЭМК, ошибается при систематизации информации	Владеет слабыми навыками применения математического аппарата оценки показателей надежности и различных элементов ТО ЭМ, ошибается при анализе и систематизации информации о ЭМ в целом	Не владеет математически м аппаратом оценки показателей надежности и различных элементов ТО ЭМ, и ЭМ в целом
ПК-3	ПК-3.1 Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования электромоби	Знать:				
		Методики проведения мероприятий направленных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и	Свободно и в полном объеме знает методику проведения мероприятий направлен	Свободно и в полном объеме знает методику проведения мероприятий направлен	Плохо знает методику проведения мероприятий направленных на повышени	Не знает методику проведения мероприятий направленных на повышение

	льного и беспилотного транспорта	ремонта ЭМ и его компонентов	ных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта ЭМ и его компонентов	ных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта компонентов ЭМ. Допускает ошибки при систематизации информации о компонентах ЭМ в целом	е эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта компонентов ЭМ. Теряется при систематизации информации о компонентах ЭМ в целом	эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта ЭМ и его компонентов
	Уметь:					
		Проводить оценку достигнутого уровня надежности ТО ЭМс учетом различных дисциплин обслуживания на всех этапах жизненного цикла	Свободно проводить оценку достигнутого уровня надежности и ТО ЭМс учетом различных дисциплин обслуживания на всех этапах жизненного цикла	Умеет проводить оценку достигнутого уровня надежности и ТО ЭМс учетом восстановлений	Слабо ориентируется в процедуре оценки достигнутого уровня надежности и ТО ЭМс учетом восстановлений	Не умеет проводить оценку достигнутого уровня надежности и ТО ЭМс учетом различных дисциплин обслуживания на всех этапах жизненного цикла
	Владеть:					
	Современными методами повышения надежности ТО ЭМ	Владеет современными методами повышения надежности и ТО ЭМ	Владеет методами повышения надежности и ТО ЭМ, допускает ошибки в области структурного	Владеет слабыми навыками повышения надежности и ТО ЭМ, допускает ошибки в области видов	Не владеет современными методами повышения надежности и ТО ЭМ	

				резервирован	резервирован	
--	--	--	--	--------------	--------------	--

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедреразработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Малафеев, С. И. Надежность технических систем: Примеры и задачи: учебное пособие / С. И. Малафеев, А.И.Копейкин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 316 с. — ISBN 978-5-8114-1268-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168982> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Аполлонский, С.М. Надежность и эффективность электрических аппаратов : учебное пособие / С.М. Аполлонский, Ю. В.Куклев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1130-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167900> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.1.2.Дополнительная литература

1. Ведерникова, И. И. Введение в теорию надежности: учебник / И. И. Ведерникова, С.А.Егоров, Н.Е.Егорова. — 1-е изд., стер. — Иваново : ИГЭУ, 2019. — 149 с. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://elib.ispu.ru/node/7508> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Афонин, В.А. Основы теории надежности:учебное пособие / В.А. Афонин, под ред. И.И.Ладыгина. — М : Издательский дом МЭИ, 2019. — 208 с. — ISBN 978-5-383-01339-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013397.html> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем: учебное пособие / Е.Ф.Березкин. —Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3375-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115514> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	Курс Moodle	http://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=161

5.2.2. Профессиональные базы данных /Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
2	Университетская информационная система Россия	uisrussia.msu.ru	uisrussia.msu.ru
3	Европейское патентное ведомство	ep.espacenet.com	ep.espacenet.com
4	Патентная база USPTO	patft.uspto.gov	patft.uspto.gov

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
2	Simulink Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Графическая среда имитационного моделирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
3	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
4	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
5	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

7	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
---	------------	--	---

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
	Компьютерный класс с выходом в Интернет Б-112, Б-110	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
Лабораторная работа	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
	Компьютерный класс с выходом в Интернет Б-112, Б-110	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18

пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и

интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

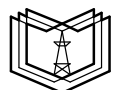
- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф.реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1	№4, ОМ	12.III.2024	Увеличено количество тем для собеседования по 1, 2, 3, 4 и 5 разделам до 15.	П.П.Павлов	Р.В.Ахметова
2					
3					

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



КГЭУ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Эксплуатационная надежность тягового оборудования электромобилей

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта

Семестр 5 (Экзамен)

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1. «Теория надежности, понятия и определения»	ТК1	5	2					5-7	5-7
Собеседование (Сбс)		5							
Раздел 2. «Математические основы теории надежности»	ТК2			10	2			10-12	10-12
Собеседование (Сбс)				2					
Защита лабораторной работы				8					
Раздел 3. «Методы анализа надежности технических систем»	ТК3					10	2	10-12	10-12
Собеседование (Сбс)						2			
Защита лабораторной работы						4			
Практическое задание (ПЗ)						4			
Раздел 4. «Методы повышения надежности ТО ЭМ»	ТК4					10	2	10-12	10-12
Собеседование (Сбс)						2			
Защита лабораторной работы						4			
Практическое задание (ПЗ)						4			
Раздел 5. «Надежность и техногенный риск ТО ЭМ»	ТК5					10	2	10-12	10-12
Собеседование (Сбс)						2			
Защита лабораторной работы						4			
Практическое задание (ПЗ)						4			
Курсовая работа	ОМ					15			15

Промежуточная аттестация (экзамен)	ОМ								0-45
В письменной форме по билетам									0-45

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции				
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий	
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено			не зачтено	
ПК-2	ПК-2.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений	знать:					
		Основы статистического анализа экспериментальных данных о надежности элементов ТО ЭМ	Свободно и в полном объеме описывает все теоретические положения методики статистического анализа данных и все оцениваемые показатели	Свободно и в полном объеме описывает все теоретические положения методики статистического анализа данных. Достаточно полно знает все оцениваемые показатели	Плохо описывает все теоретические положения методики статистического анализа данных, ошибается при описании оцениваемых показателей	Не знает теоретических положений методики статистического анализа данных и оцениваемые при этом показатели	
		уметь:					
		Осуществлять работ по обработке и анализу научно-технической информации, результатов исследований для проектирования ТО ЭМ и его компонентов	Свободно осуществляет обработку и анализ научно-технической информации, результатов исследований в исследовании	Умеет осуществлять работы по обработке и анализу научно-технической информации, результатов исследований	Слабо, с ошибками осуществляет обработку и анализ научно-технической информации, результатов исследований	Не умеет осуществлять работы по обработке и анализу научно-технической информации, результатов исследований	

			надежност и ТО ЭМ и его компонент ов	ний надежност и компонент ов ТО ЭМ, допускает незначительны е ошибки	ний надежност и ТО ЭМ и его компонент ов	ний надежност и ТО ЭМ и его компонент ов
		владеть:				
		Математическим аппаратом оценки показателей надежности различных элементов ТО ЭМ, и ЭМ в целом	Владеет математическим аппаратом оценки показателей надежности и различных элементов ТО ЭМ, и ЭМ в целом	Владеет математическим аппаратом оценки показателей надежности и различных элементов ЭМК, ошибается при систематизации информации	Владеет слабыми навыками применения математического аппарата оценки показателей надежности и различных элементов ТО ЭМ, ошибается при анализе и систематизации информации о ЭМ в целом	Не владеет математическим аппаратом оценки показателей надежности и различных элементов ТО ЭМ, и ЭМ в целом
		Знать:				
ПК-3	ПК-3.1 Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования транспортного и беспилотного транспорта	Методики проведения мероприятий направленных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта ЭМ и его компонентов	Свободно и в полном объеме знает методику проведения мероприятий направленных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и	Свободно и в полном объеме знает методику проведения мероприятий направленных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и	Плохо знает методику проведения мероприятий направленных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта компонент	Не знает методику проведения мероприятий направленных на повышение эффективности процессов технической эксплуатации, обслуживания и ремонта ЭМ и его компонент

			ремонта ЭМ и его компонентов	ремонта компонентов ЭМ. Допускает ошибки при систематизации информации о компонентах ЭМ в целом	ов ЭМ. Теряется при систематизации информации о компонентах ЭМ в целом	тов
Уметь:						
		Проводить оценку достигнутого уровня надежности ТО ЭМ с учетом различных дисциплин обслуживания на всех этапах жизненного цикла	Свободно проводить оценку достигнутого уровня надежности и ТО ЭМ с учетом различных дисциплин обслуживания на всех этапах жизненного цикла	Умеет проводить оценку достигнутого уровня надежности и ТО ЭМ с учетом восстановления	Слабо ориентируется в процедуре оценки достигнутого уровня надежности и ТО ЭМ с учетом восстановления	Не умеет проводить оценку достигнутого уровня надежности и ТО ЭМ с учетом различных дисциплин обслуживания на всех этапах жизненного цикла
Владеть:						
		Современными методами повышения надежности ТО ЭМ	Владеет современными методами повышения надежности и ТО ЭМ	Владеет методами повышения надежности и ТО ЭМ, допускает ошибки в области структурного резервирования	Владеет слабыми навыками повышения надежности и ТО ЭМ, допускает ошибки в области видов резервирования	Не владеет современными методами повышения надежности и ТО ЭМ

Оценка «отлично» выставляется за выполнение практических и лабораторных работ в семестре, курсовой работы; глубокое понимание принципов построения структурной схемы надежности ТО ЭМ, методов их анализа и статистической оценки показателей надежности, полные и

содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение практических и лабораторных работ в семестре, курсовой работы; понимание принципов построения структурной схемы надежности ТО ЭМ, методов их анализа и статистической оценки показателей надежности, хорошие ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение практических и лабораторных работ в семестре, курсовой работы; тестовых заданий; удовлетворительное понимание принципов построения структурной схемы надежности ТО ЭМ, методов их анализа; удовлетворительные ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за неполное выполнение практических и лабораторных работ в семестре, не выполнение курсовой работы; неудовлетворительные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание).

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить	Индивидуальные задания

	<p>умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся</p>	
--	--	--

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: **ПК-2** Способен участвовать в проектировании электромобильного и беспилотного транспорта. **ПК-2.1** Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений. **ПК-3.1** Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования электромобильного и беспилотного транспорта

Собеседование (СбС)

Темы:

1. Понятия и определения теории надежности.
2. Понятие отказа технического объекта.
3. Нарботка технического объекта.
4. Критерии и показатели надежности технического объекта.
5. Безотказность технической системы.
6. Долговечность технической системы.
7. Сохраняемость технической системы.
8. Ремонтпригодность технической системы.
9. Понятие объекта, структуры и системы.
10. Виды и состояния технической системы.
11. Факторы, влияющие на надежность ЭМК и С.
12. Классификация технических систем.
13. Классификация и характеристики отказов ЭМК и С.
14. Понятие структуры технической системы с позиций теории надежности.
15. Классификация методов резервирования

Для текущего контроля ТК-2:

Проверяемая компетенция: **ПК-2** Способен участвовать в проектировании электромобильного и беспилотного транспорта. **ПК-2.1** Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений.

Собеседование (СбС)

Темы:

1. Основные понятия и определения теории вероятностей.
2. Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое

отклонение.

3. Дискретная случайная величина.
4. Непрерывная случайная величина.
5. Вероятность случайного события.
6. Математические операции с вероятностями.
7. Законы распределения дискретных случайных величин.
8. Законы распределения непрерывных случайных величин.
9. Критерии согласия гипотезы о виде закона распределения.
10. Центральная предельная теорема.
11. Нормальный закон распределения времени до отказа.
12. Экспоненциальный закон распределения времени до отказа.
13. Статистика Колмогорова.
14. Критерий Пирсона.
15. Вычисление моментов случайной величины.

Практическое занятие №1 Статистический анализ данных о надежности технических объектов

Задание. На испытании находилось образцов тяговых электродвигателей N_0 . По результатам испытаний представленным в таблице, **оценить** следующие показатели надежности вероятность безотказной работы $P(t)$, плотность распределения времени до отказа $f(t)$, интенсивность отказов $\lambda(t)$ и наработку на отказ T_1

Количество образцов находившихся на испытании $N_0 = 900$					
Интервал, час	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500
Длина, Δt	100				
$n(t, t + \Delta t)$	3	7	6	9	12

Практическое занятие №2 Законы распределения времени до отказа технических объектов.

Задание. Нерезервированная система состоит из 5 элементов, имеющих различные законы распределения времени до отказа. Виды законов распределений и их параметры приведены в табл.

Законы распределения времени до отказа

Номер элемента	1	2	3	4	5
Закон распределения времени до отказа	$W(2;1800)$	$\Gamma(7;300)$	$R(8 \times 10^{-8})$	$\text{Exp}(0.002)$	$TN(2000;90)$

В табл. приняты следующие обозначения законов распределения: W – Вейбулла, Γ – гамма, R – Рэлея, Exp – экспоненциальный, TN – усеченный нормальный, N – нормальный. В скобках указаны параметры распределений.

Определите показатели надежности каждого элемента: вероятность безотказной работы, среднее время безотказной работы, интенсивность отказа, плотность распределения времени безотказной работы. Для показателей, зависящих от времени, получите решение в виде графиков.

Для текущего контроля ТК-3:

Проверяемая компетенция: **ПК-2** Способен участвовать в проектировании электромобильного и беспилотного транспорта. **ПК-2.1** Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений.

Собеседование (СБС)

Темы:

1. Структурная схема надежности.
2. Описание состояния технической системы с помощью графа состояний.
3. Методы анализа надежности, основанные на применение теории вероятностей.
4. Логико-вероятностные методы анализа надежности.
5. Топологические методы анализа надежности.
6. Методы, основанные на теории марковских процессов.
7. Метод статистического моделирования.
8. Метод минимальных путей и сечений.
9. Метод перебора гипотез.
10. Описание функционирования с помощью интегральных уравнений.
11. Методы анализа надежности, основанные на применении теорем теории вероятностей.
12. Методы анализа надежности, основанные на теории марковских процессов.
13. Приближенные методы анализа надежности.
14. Стационарные показатели надежности избыточных и избыточных систем.
15. Дублированная техническая система с различными видами резервирования.

Практическое занятие №3 Оценивание показателей надежности невосстанавливаемых технических объектов.

1. **Задание.** Дана резервированная система с постоянным резервом кратности $m=2$. Элементы системы имеют постоянную интенсивность отказа $\lambda=0,05$ час⁻¹. **Найдите** показатели надежности всей системы.

2. **Задание.** Структурная схема надежности системы представляет собой дублированную систему с постоянно включенным резервом. Элементы системы имеют разные законы распределения времени до отказа: экспоненциальный с интенсивностью отказа $\lambda=0,002$ час⁻¹ и Вейбулла с параметрами $\alpha=4$, $\beta=500$ час. **Определите** показатели надежности системы.

3. **Задание.** Пусть система состоит из трех одинаковых элементов. При этом ее отказ наступает при отказе любых двух или всех трех элементов. В данном случае имеет место мажоритарное резервирование с кратностью $\frac{1}{2}$, т.е. один резервный элемент и два основных. **Определите** показатели надежности $P_c(t), T_c, \lambda_c(t)$, при условии, что интенсивности отказа постоянны.

Практическое занятие №4 Оценивание показателей надежности восстанавливаемых технических объектов.

Задание. Нерезервированная система состоит из 7 элементов. Интенсивности их отказов приведены в табл.

Интенсивности отказов элементов.

Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7
$\lambda_i, \text{ час}^{-1}$	0,0003	0,0002	0,0009	0,0006	0,0004	0,0003	0,0005

Интенсивности восстановления элементов одинаковы и равны $\mu = 0,4 \text{ час}^{-1}$.

Определите показатели надежности системы. Для показателей, зависящих от времени, получите решение в виде графиков.

Практическое занятие №5 Расчет комплексных показателей надежности технических объектов.

Задание. Нерезервированная система состоит из 7 элементов. Интенсивности их отказов приведены в табл. .

Интенсивности отказов элементов

Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7
$\lambda_i, \text{ час}^{-1}$	0,0003	0,0002	0,0009	0,0006	0,0004	0,0003	0,0005

Интенсивности восстановления элементов одинаковы и равны $\mu = 0,4 \text{ час}^{-1}$.

Определите показатели надежности системы: интенсивность отказов системы, среднюю наработку на отказ и среднее время восстановления системы, коэффициент и функцию готовности системы, коэффициент простоя системы; коэффициент оперативной готовности системы, при условии экспоненциального закона распределения отказов. Для показателей, зависящих от времени, получите решение в виде графиков.

Практическое занятие №6 Проектный расчет количественных показателей надежности ТО ЭМ.

Задание. В техническом задании на изделие даны следующие показатели надежности $P(t) = 0,9$, $\sigma_{P(t)} = 0,03$, $t = 40$ часов; $K_r = 0,99$. По результатам анализа конструкторской документации установлено, что структурная схема надежности представляет последовательное соединение функционально законченных 4 устройств ($N=4$). Оценить надежность изделия на этапе технического проектирования. Расчет провести по статистическим данным испытаний изделий-аналогов, представленным в табл.

Статистические данные испытаний аналогов

Номер устройства	Время работы, час	Наработка на отказ, час	Среднее время восстановления, час
1	40	1000	5
2	40	800	10
3	10	1200	5
4	20	2000	2

Лабораторная работа №1 Нормирование надежности элементов ТО ЭМ различными методами.

Задание. Система состоит из трех элементов, ВБР которых равна $P_1 = 0,7$; $P_2 = 0,8$; $P_3 = 0,9$. Отказ любого элемента приводит к отказу системы. Требуемое значение ВБР системы $P_{\text{сист}} = 0,65$. **Провести:** 1. рациональное распределение норм надежности между элементами с целью удовлетворения заданному требованию; 2. равномерное распределение требований при условии $P_1 = P_2 = P_3 = 0,92$; 3. Пропорциональное распределение требований при условии экспоненциального закона распределения времени между отказами

Для текущего контроля ТК-4:

Проверяемая компетенция: **ПК-3**Способен участвовать в эксплуатации электроавтомобильного и беспилотного транспорта. **ПК-3.1**Применяет методы и технические

средства испытаний и диагностики электрооборудования электромобильного и беспилотного транспорта.

Собеседование.

Темы:

1. Методы повышения надежности.
2. Резервирование, определение и разновидности.
3. Постоянно включенный резерв.
4. Резерв замещением.
5. Резервирование с дробной кратностью.
6. Скользящее резервирование.
7. Резервирование с дробной кратностью.
8. Системы с нагруженным и ненагруженным резервом.
9. Принцип избыточности.
10. Мажоритарное резервирование.
11. Методы анализа надежности, основанные на применении теорем теории вероятностей.
12. Методы анализа надежности, основанные на теории марковских процессов.
13. Приближенные методы анализа надежности.
14. Стационарные показатели надежности неизбыточных и избыточных систем.
15. Дублированная техническая система с различными видами резервирования.

Практическое занятие 7. Расчет проектной надежности ТО ЭМ с учетом и без восстановления резервных элементов.

1. **Задание.** Определить ВБР системы, состоящей из 5 параллельно соединенных подсистем, если $P_1 = 0,99$; $P_2 = 0,995$; $P_3 = 0,994$; $P_4 = 0,996$; $P_5 = 0,997$. Система является дублированной, т.е. имеет общее резервирование, причем невозстанавливаемой.

2. **Задание.** Система имеет трехкратное резервирование ($n=3$), включая основную систему. Среднее время восстановления одной системы составляет $T_B = 5$ часов, среднее время безотказной работы одной системы $T_1 = 200$ часов. **Определить** среднее время безотказной работы всей резервной группы T_n , коэффициент готовности K_T за время $t = 1000$ часов и ВБР за время $t = 1000$ часов.

Практическое занятие 8. Распределение требований по надежности с учетом важности подсистем ТО ЭМ.

Задание. Для системы, состоящей из 5 подсистем, **требуется** обеспечить ВБР $P^{TP}(t) = 0,9$ в течении времени $t=20$ часов. Исходные данные для подсистем приведены в таблице. Распределение требований произвести с учетом важности подсистем

Данные о подсистемах

Номер подсистемы	Число элементов в подсистеме	Коэффициент важности	Продолжительность работы подсистемы, час
1	10	1	20
2	20	0,95	20
3	50	0,9	15
4	100	0,99	10
5	80	1	10

Практическое занятие 9. Исследование эффективности различных видов структурного резервирования.

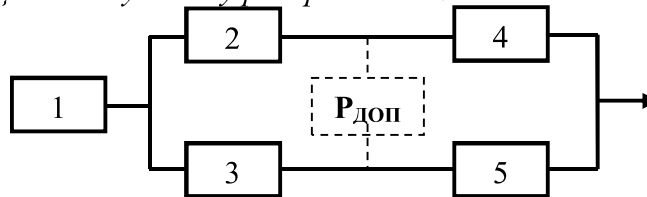
1. **Задание.** Вычислите коэффициент готовности, наработку на отказ, среднее время восстановления резервированной системы с постоянно включенным резервом и по методу замещения. Исходные данные: интенсивность отказов $\lambda = 0,0035 \text{ час}^{-1}$, интенсивность восстановления $\mu = 0,1 \text{ час}^{-1}$. Решение необходимо получить при кратности резервирования $m = 1, 2, 3, 4$. Рассмотрите случаи одной бригады обслуживания и независимого восстановления.

2. **Задание.** Дана резервированная система с резервом замещением кратности $m = 2$. Элементы системы имеют постоянную интенсивность отказа $\lambda = 0,05 \text{ час}^{-1}$. Определите вероятность безотказной работы и среднее время работы системы. Сравните $P_c(t)$ с постоянно включенным резервом. Оценить надежность системы состоящей из 4 последовательно соединенных однотипных элементов со скользящим резервированием при $n=2$ и $n=3$. Для $t=100$ часов построить график изменения ВБР и интенсивности отказов.

Лабораторная работа №2 Исследование надежности ТО ЭМ в зависимости от структуры.

Задание. На рисунке представлена структурная схема надежности ТО ЭМ состоящего из 5 элементов, ВБР которых равны $P_1 = 0,9558; P_2 = 0,9742; P_3 = 0,9611; P_4 = 0,9439; P_5 = 0,9811$.

Оцените ВБР и среднюю наработку на отказ исходного ТО ЭМ и оборудования с учетом введения дополнительного элемента ($P_{\text{доп}} = 0,9345$). Время между отказами ТО подчиняется экспоненциальному закону распределения.



Лабораторная работа №3 Исследование надежности ТО ЭМ с учетом дисциплины обслуживания.

Задание. Вычислите коэффициент готовности, наработку на отказ, среднее время восстановления резервированной системы с постоянно включенным резервом и по методу замещения. Исходные данные: интенсивность отказов $\lambda = 0,0035 \text{ час}^{-1}$, интенсивность восстановления $\mu = 0,1 \text{ час}^{-1}$. Решение необходимо получить при кратности резервирования $m = 1, 2, 3, 4$. Рассмотрите случаи одной бригады обслуживания и независимого восстановления

Для текущего контроля ТК-5:

Проверяемая компетенция: **ПК-2**Способен участвовать в проектировании электромобильного и беспилотного транспорта. **ПК-2.1**Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений. **ПК-3.1**Применяет методы и технические средства испытаний и диагностики электрооборудования электромобильного и беспилотного транспорта

Собеседование (СбС)

Темы:

1. Опасности технических систем и защита от них.
2. Выбор методов анализа риска.
3. Методы проведения анализа риска.

4. Виды, последствия и критичность отказов.
5. Анализ диаграммы последствий несрабатывания или аварии системы.
6. Оценка влияния на надежность человеческого фактор.
7. «Дерево» и «таблица решений».
8. Кумулятивный техногенный риск.
9. Вычисление техногенного риска.
10. Зависимость риска от частоты неблагоприятных событий.
11. Риск системы с двумя состояниями.
12. Асимптотическое поведение функции риска.
13. Полезность технической системы и методы снижения риска.
14. Зависимость риска от частоты неблагоприятных событий.
15. Техносфера и технические системы.

Практическое занятие 10. Исследование влияния надежности на техногенный риск ЭМ.

Задание. Тяговый электрический привод состоит из следующих основных элементов:

1. Потенциометрический датчик RP .
2. Стабилизирующее устройство F .
3. Полупроводниковый усилитель A .
4. Электромагнитный усилитель G .
5. Приводной двигатель $M2$.
6. Двигатель постоянного тока $M1$.
7. Редуктор q .

Показатели надежности и риска элементов ТЭП представлены в таблице.

Показатели надежности и риска элементов тягового электропривода

	Элементы электропривода						
	RP	F	A	G	$M2$	$M1$	q
Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7
T , лет	10	8	9	11	15	10	12
T_B , час	5	4	6	8	18	18	4
r , у.е.	200	500	350	600	1500	1500	150

Вероятности отказов элементов ТЭП имеют экспоненциальный закон распределения.

Определите показатели надежности и технического риска за время $t = 2$ года.

Лабораторная работа №4 Выбор оптимального варианта ТО ЭМ с учетом надежности и техногенного риска.

Задание. Электрический тяговый привод состоит из следующих основных элементов:

8. Потенциометрический датчик RP .
9. Стабилизирующее устройство F .
10. Полупроводниковый усилитель A .
11. Электромагнитный усилитель G .
12. Приводной двигатель $M2$.
13. Двигатель постоянного тока $M1$.
14. Редуктор q .

Показатели надежности и технического риска элементов представлены в табл.

	Элементы электропривода						
	RP	F	A	G	$M2$	$M1$	q
Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7
T , лет	10	8	9	11	15	10	12
T_B , час	5	4	6	8	18	18	4
r , у.е.	200	500	350	600	1500	1500	150

	<i>RP</i>	<i>F</i>	<i>A</i>	<i>G</i>	<i>M2</i>	<i>M1</i>	<i>q</i>
Номер элемента	1	2	3	4	5	6	7
<i>T</i> , лет	10	8	9	11	15	10	12
<i>T_B</i> , час	5	4	6	8	18	18	4
<i>r</i> , у.е.	200	500	350	600	1500	1500	150

Вероятности отказов элементов ТЭП имеют экспоненциальный закон распределения.

Для выбора оптимальной варианта ТЭП **определите** показатели надежности и технического риска за время $t = 2$ года следующих структурных схем надежности:

- исходного электропривода;
- электропривода с резервированием наименее надежного элемента ($m = 1$) (постоянно включенный резерв);
- электропривода с резервированием наименее надежного элемента ($m = 1$) (резерв замещением);
- электропривода с резервированием наименее надежного элемента ($m = 1$) (постоянно включенный резерв) при наличии восстановления;
- электропривода с резервированием наименее надежного элемента ($m = 1$) (резерв замещением).

Курсовая работа на тему «Статистическая обработка экспериментальных данных о надежности тягового оборудования»

Пример расчетной части.

Задание.

Исследуется закон постепенных износовых отказов ТЭД. Статистическими наблюдениями было зафиксировано $N=400$ результатов. Результаты испытаний были сгруппированы в $n=8$ разрядов (см.табл.1). Требуется произвести выравнивание экспериментальных данных нормальным законом, найти показатели надежности ТЭД, построить график вероятности безотказной работы ТЭД и найти доверительный интервал разброса среднего результата (центра рассеивания) при доверительной вероятности $P_d = 85\%$ ($\alpha = 0,05$). Построить полосу надежности работы ТЭД, отвечающей заданной доверительной вероятности. Выравнивание произвести методом моментов.

Решение.

Таблица 1

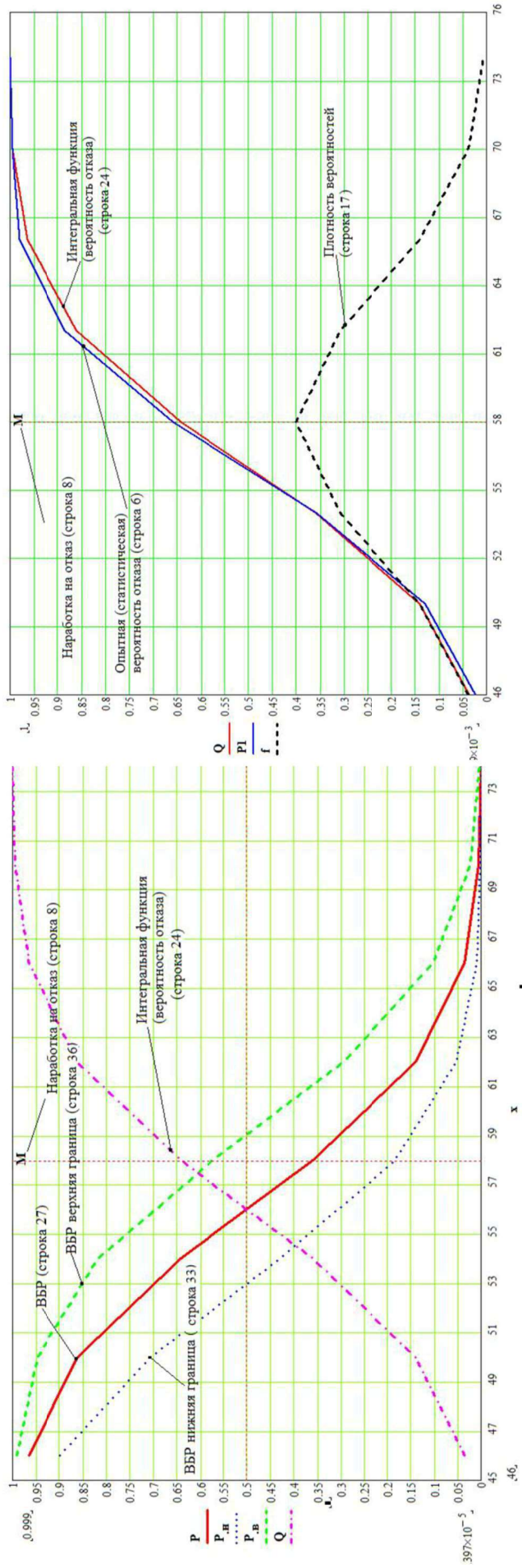
Статистическая обработка экспериментальных данных – длины пробега ТЭД до их выхода из строя – нормальным законом

Номер разряда	$i=1, n$	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Границы разрядов	$\alpha_i \div \beta_i$	44÷48	48÷52	52÷56	56÷60	60÷64	64÷68	68÷72	72÷76
2. Середины разрядов	$x_{i\text{ср}}$	46	50	54	58	62	66	70	74
3. Опытные частоты попадания в разряды	m_i^*	9	42	92	120	91	38	6	2
4. Число исправных образцов	$N_{\text{испр}} = N - \sum_{i=1}^n m_i^*$	391	349	257	137	46	8	2	0
5. Опытные частоты попадания в разряды	$P_i^* = \frac{m_i^*}{N}$	0,0225	0,105	0,23	0,3	0,2275	0,095	0,015	0,005
6. Накопленные частоты попадания в разряды	$\sum_{i=1}^n P_i^*$	0,0225	0,1275	0,3575	0,6575	0,885	0,98	0,995	1
7. Высоты прямоугольников гистограммы	$H_i = \frac{P_i^*}{\Delta x}$	0,0056	0,0263	0,0575	0,075	0,0569	0,0238	0,0038	0,0013
8. Статистическое математическое ожидание отклонения длины пробега от номинала	$M^*(x) = \sum_{i=1}^n x_{i\text{ср}} \cdot P_i^*$	$M^*(x) = (46 \cdot 0,0225) + (50 \cdot 0,105) + (54 \cdot 0,23) + (58 \cdot 0,3) + (62 \cdot 0,2275) + (66 \cdot 0,095) + (70 \cdot 0,015) + (74 \cdot 0,005) = 57,9 \approx 58$							
9. Центрированные отклонения	$x_{i\text{ср}} - [M^*(x)]$	-12	-8	-4	0	4	8	12	16
10. Статистическая дисперсия	$D^*(x) = \sum_{i=1}^n (x_{i\text{ср}} - [M^*(x)])^2 \cdot P_i^*$	$D^*(x) = (-12)^2 \cdot 0,0225 + (-8)^2 \cdot 0,105 + (-4)^2 \cdot 0,23 + (0)^2 \cdot 0,3 + (4)^2 \cdot 0,2275 + (8)^2 \cdot 0,095 + (12)^2 \cdot 0,015 + (16)^2 \cdot 0,005 = 26,8$							
11. Исправленное среднее квадратическое отклонение	$\sigma(x) = \sqrt{\frac{n}{n-1} \cdot D^*(x)}$	$\sigma(x) = \sqrt{\frac{8}{8-1} \cdot 26,8} = 5,534$							

Номер разряда		1	2	3	4	5	6	7	8
Метод моментов									
12.	Коэффициент асимметрии	$As = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i\text{ср}} - [M^*(x)])^3 \cdot P_i^*}{\sigma(x)^3}$ $As = [(-12)^3 \cdot 0.0225 + (-8)^3 \cdot 0.105 + (-4)^3 \cdot 0.23 + (0)^3 \cdot 0.3 + (4)^3 \cdot 0.2275 + (8)^3 \cdot 0.095 + (12)^3 \cdot 0.015 + (16)^3 \cdot 0.005] / 5.534^3 = \mathbf{0.013}$							
13.	Эксцентриситет	$Ex = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i\text{ср}} - [M^*(x)])^4 \cdot P_i^*}{\sigma(x)^4} - 3$ $Ex = \{[(-12)^4 \cdot 0.0225 + (-8)^4 \cdot 0.105 + (-4)^4 \cdot 0.23 + (0)^4 \cdot 0.3 + (4)^4 \cdot 0.2275 + (8)^4 \cdot 0.095 + (12)^4 \cdot 0.015 + (16)^4 \cdot 0.005] / 5.534^4\} - 3 = \mathbf{-0.824}$							
14.	Коэффициент вариации	$K_v = \frac{\sigma(x)}{M^*(x)} \cdot 100\%$ <p>9.5% < 33% - данные однородные, степень рассеивания незначительная</p>							
15.	Статистическая интенсивность отказов ($\times 10^{-3}$ км ⁻¹)	$\lambda_i^* = \frac{m_i^*}{\left(\frac{N_{\text{испр}} + N_{\text{испр } i-1}}{2} \right) \cdot \Delta x}$							
16.	Центрированные и нормированные отклонения	$t_i = \frac{x_{i\text{ср}} - M^*(x)}{\sigma(x)}$							
17.	Плотности вероятностей	$f(t_i) = \frac{e^{-t_i^2/2}}{\sqrt{2\pi}}$ или см. табл. 2							
18.	Теоретические вероятности попадания в разряды	$P_i = \frac{f(t_i)}{\sigma(x)} \cdot \Delta x$							
Проверка гипотезы о принадлежности данных нормальному закону распределения									
19.	Теоретические частоты попадания в разряды	11	41	89	115	89	41	11	2
20.	Квадраты отклонений опытных частот от теоретических	0.3636	0.0244	0.101	0.2174	0.0449	0.2195	2.2727	0
21.	Значение χ^2	$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i^* - m_i)^2}{m_i} = 0.364 + 0.1 + 0.101 + 0.217 + 0.045 + 0.1 + 2.273 + 0 = 3.2437$							

Номер разряда	$i = 1, n$	1	2	3	4	5	6	7	8
Значение $\chi^2_{\text{крит}}$	$\chi^2_{\text{крит}}(\alpha; k)$ $k = n - s - 1 = 8 - 2 - 1 = 5$ (s – число параметров нормального закона) см. табл.3	$\chi^2_{\text{крит}}(\alpha; k) = 11,07 > \chi^2 = 3,244$ При уровне значимости $\alpha = 0,05$ гипотеза о принадлежности данных нормальному закону по критерию согласия Пирсона оправдывается							
22. Критерий Романовского	$K_p = \frac{ \chi^2 - r }{\sqrt{2 \cdot r}}$	$\frac{ 3,2 - 5 }{\sqrt{2 \cdot 5}} = 0,569 < 3$ по критерию согласия Романовского гипотеза оправдывается							
23. Центрированные и нормированные отклонения	$t_i = \frac{\beta_i - M^*(x)}{\sigma(x)}$	Для правой границы разряда β_i							
24. Интегральная функция (вероятность отказа)	$Q(t_i) = \Phi^*(t_i)$ см. табл.4	-1,8069	-1,0841	-0,3614	0,3614	1,0841	1,8069	2,5297	3,2524
25. Максимум модуля разности статистической и теоретической интегральной функции	$D = \max \left Q(t_i) - \sum_{i=1}^n P_i^* \right $	0,0354	0,1391	0,3589	0,6411	0,8609	0,9646	0,9943	0,9994
26. Статистика Колмогорова	$\lambda = \sqrt{N} \cdot D$	0,0354- 0,0225= 0,013	0,1391- 0,1275= 0,012	0,3589- 0,3575= 0,0014	0,6411- 0,6575= 0,016	0,8609- 0,885= 0,0241	0,9646- 0,98= 0,015	0,9943- 0,995= 0,0007	0,9994- 1= 0,0006
Вероятность статистики Колмогорова	$P(\lambda)$ см. табл.5	$P(\lambda) = 0,96$ т.к. значение велико по критерию согласия Колмогорова гипотеза оправдывается							
Вычисление доверительных интервалов при вероятности $P_A = 85\%$									
27. Вероятность безотказной работы изделия	$P(t_i) = 1 - Q(t_i)$	0,9646	0,8609	0,6411	0,3589	0,1391	0,0354	0,0057	0,0006
28. Полуинтервал разброса центра рассеивания	$\delta = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}} \cdot \text{arg} \Phi(P_A)$, см. табл.6	$\frac{5,534}{\sqrt{8}} \cdot 1,44 = 2,8171 \approx 3$							
29. Доверительный интервал разброса среднего результата (центра рассеивания)	$M^*(x) - \delta < \overline{M(x)} < M^*(x) + \delta$	$58 - 3 < M(x) < 58 + 3$ $55 < M(x) < 61$							
30. Среднее квадратическое отклонение $M^*(x)$ относительно его истинного значения	$\sigma_{M^*(x)} = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}}$	$\frac{5,534}{\sqrt{8}} = 1,957 \approx 2$							

Номер разряда		1	2	3	4	5	6	7	8
Расчет интегральной функции отказа при $M^*(x) = 55$									
31.	Центрированные и нормированные отклонения	$t_i = \frac{\beta_i - M^*(x)}{\sigma(x)}$	-1,2648	0,1807	0,9035	1,6262	2,349	3,0717	3,7945
32.	Интегральная функция (вероятность отказа) см. табл 4	$Q(t_i) = \Phi^*(t_i)$	0,103	0,2939	0,8169	0,948	0,9906	0,9989	0,9999
33.	Вероятность безотказной работы изделия	$P(t_i) = 1 - Q(t_i)$	0,897	0,7061	0,1831	0,0519	0,0094	0,0011	0,0001
Расчет интегральной функции отказа при $M^*(x) = 61$									
34.	Центрированные и нормированные отклонения	$t_i = \frac{\beta_i - M^*(x)}{\sigma(x)}$	-2,349	-1,6262	-0,9035	-0,1807	1,2648	1,9876	2,7104
35.	Интегральная функция (вероятность отказа) см. табл 4	$Q(t_i) = \Phi^*(t_i)$	0,0094	0,0519	0,1831	0,4283	0,7061	0,897	0,9766
36.	Вероятность безотказной работы изделия	$P(t_i) = 1 - Q(t_i)$	0,9906	0,948	0,8169	0,5717	0,2939	0,103	0,0034



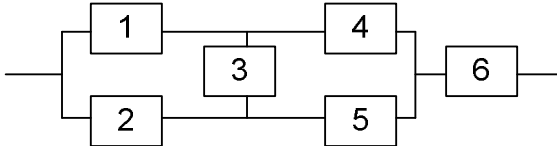
Для промежуточной аттестации:

Примеры экзаменационных билетов

Билет 1

1. Основные понятия, термины и определения теории надежности.
2. Найти вероятность безотказной работы системы, структурная схема надежности которой представлена на рисунке

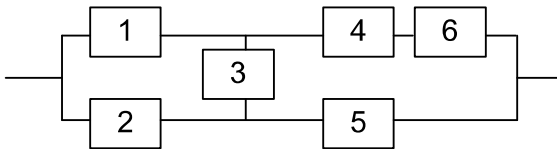
	1	2	3	4	5	6
$P(t)$	0,9884	0,9849	0,819	0,741	0,91	0,838



Билет 2

1. Показатели надежности невосстанавливаемых ЭМК и С.
2. Найти вероятность безотказной работы системы, структурная схема надежности которой представлена на рисунке

	1	2	3	4	5	6
$P(t)$	0,9647	0,9715	0,887	0,787	0,818	0,857



Билет 3

1. Комплексные показатели надежности ЭМК и С.
2. По результатам испытаний представленным в таблице, оценить следующие показатели надежности $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ и T_l

Количество образцов находившихся на испытании $N_0 = 900$					
Интервал, час	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500
Длина, Δt	100				
$n(t, t + \Delta t)$	3	7	6	9	12

Билет 4

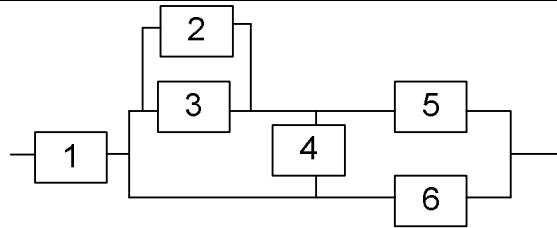
1. Нормальный закон распределения наработки на отказ ЭМК и С.
2. По результатам испытаний представленным в таблице, оценить следующие показатели надежности $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ и T_l

Количество образцов находившихся на испытании $N_0 = 750$					
Интервал, час	0-170	170-340	340-510	510-680	680-850
Длина, Δt	170				
$n(t, t + \Delta t)$	2	3	7	8	11

Билет 5

1. Экспоненциальный закон распределения наработки на отказ ЭМК и С.
2. Найти вероятность безотказной работы системы, структурная схема надежности которой представлена на рисунке

	1	2	3	4	5	6
$P(t)$	0,9394	0,9403	0,848	0,662	0,808	0,749



Билет 6

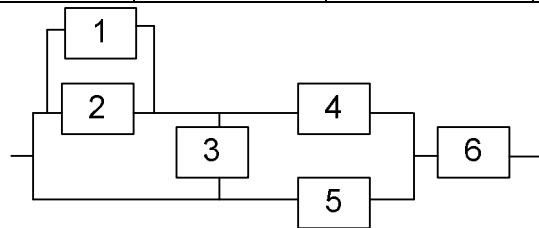
1. Закон Вейбулла-Гнеденко распределения наработки на отказ ЭМК и С.
2. По результатам испытаний представленным в таблице, оценить следующие показатели надежности $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ и T_i

Количество образцов находившихся на испытании $N_0 = 600$					
Интервал, час	0-200	200-400	400-600	600-800	800-1000
Длина, Δt	200				
$n(t, t + \Delta t)$	5	8	9	14	12

Билет 7

1. Структурная надежность ЭМК и С.
2. Найти вероятность безотказной работы системы, структурная схема надежности которой представлена на рисунке

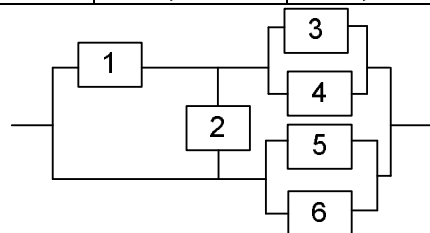
	1	2	3	4	5	6
$P(t)$	0,8849	0,8849	0,67	0,852	0,736	0,744



Билет 9

1. Резервирование ЭМК и С.
2. Найти вероятность безотказной работы системы, структурная схема надежности которой представлена на рисунке

	1	2	3	4	5	6
$P(t)$	0,8754	0,8884	0,978	0,968	0,708	0,689



Билет 10

1. Порядок статистической обработки экспериментальных данных о надежности ЭМК и С.
2. По результатам испытаний представленным в таблице, оценить следующие показатели надежности $P(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ и T_i

Количество образцов находившихся на испытании $N_0 = 950$					
Интервал, час	0-300	300-600	600-900	900-1200	1200-1500
Длина, Δt	300				
$n(t, t + \Delta t)$	6	9	10	14	16

