

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о заявителе:

ФИО: Арженовский Алексей Григорьевич

Должность: Исполнительный директор института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 22.12.2025 14:58:56

Уникальный программный ключ:

3097683b38557fe8e27827e8e64e5f15ba3ab904



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина
Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов
имени академика И.Ф. Бородина



УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина

А.Г. Арженовский

“ 23 ” июня 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.05 «Надежность систем электропривода»

ФГОС ВО

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность: Электропривод и автоматика

Курс 4

Семестр 7

Форма обучения: очная

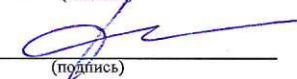
Год начала подготовки: 2025 г.

Москва, 2025

Разработчики: Кабдин Н.Е., к.т.н., доцент
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

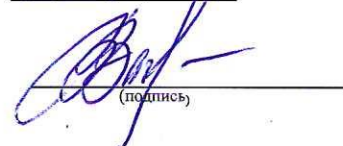

(подпись)

Селезнева Д.М., к.т.н.
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«20» июня 2025 г.

Рецензент: Загинайлов В.И., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«20» июня 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина
протокол № 10 «20» июня 2025 г.

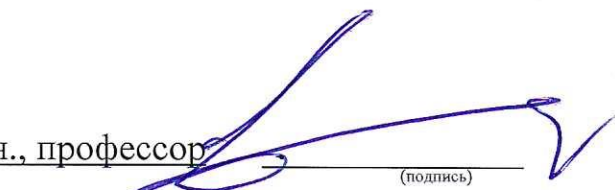
И.о. заведующего кафедрой Шабаев Е.А., к.т.н.
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

Согласовано:

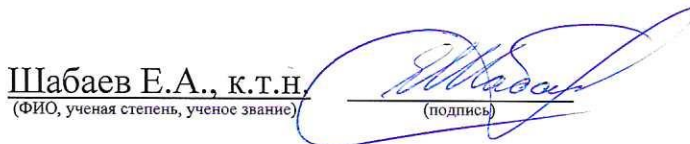
Председатель учебно-методической
комиссии института механики и энергетики
имени В.П. Горячкина Дидманидзе О.Н., д.т.н., профессор
(ФИО, ученая степень, ученое звание)




(подпись)

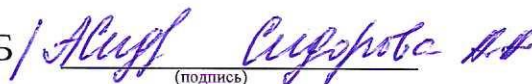
Протокол № 05 «20» июня 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой
автоматизации и роботизации
технологических процессов
имени академика И.Ф. Бородина Шабаев Е.А., к.т.н.
(ФИО, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

«20» июня 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ


(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ В СЕМЕСТРЕ.....	9
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
4.3 ЛЕКЦИИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	15
4.4. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	21
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	23
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	28
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	29
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	29
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	30
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ	30
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К.....	30
ЗАНЯТИЯМ	30
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	31
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ.....	31
СИСТЕМ	31
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	33
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..	33
Виды и формы отработки пропущенных занятий	34
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	35

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.В.01.05 «Надежность систем электропривода» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленности Электропривод и автоматика

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков применения способов и методов расчета оценки надежности и работоспособности систем электропривода для выполнения основных профессиональных видов деятельности, связанных с проектированием систем электропривода на основе объективной оценки технического состояния и остаточного ресурса энергетического и электротехнического оборудования.

Приобретение навыков владения программами Design Expert (Stat-Easy, Inc.), Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Pictochart, Zoom и др.

Приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, eLibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в Блок 1 «Дисциплины (модули)» в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электропривод и автоматика учебного плана по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индексы достижений компетенций): ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2).

Краткое содержание дисциплины:

Основные понятия и показатели надежности систем электропривода.

Оценки функционирования систем электропривода. Модели распределений, используемые в теории надежности, математические зависимости для оценки надежности электроприводов. Законы распределения случайных величин.

Функциональные зависимости в теории надежности. Причины потери работоспособности систем электропривода. Основные закономерности возникновения отказов систем электропривода. Основные характеристики надежности систем электропривода и их элементов. Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода. Расчет показателей надежности систем автоматизированного электропривода. Оценка надежности систем электропривода с помощью структурных схем. Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода. Вероятностная оценка дерева отказов.

Общая трудоемкость дисциплины: 4 зачетные единицы (144 часа, в т.ч. практическая подготовка 4 часа).

Промежуточный контроль: зачет с оценкой.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков применения способов и методов расчета оценки надежности и работоспособности систем электропривода для выполнения основных профессиональных видов деятельности, связанных с проектированием систем электропривода на основе объективной оценки технического состояния и остаточного ресурса энергетического и электротехнического оборудования.

Приобретение навыков владения программами Design Expert (Stat-Easy, Inc.), Mathcad, Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Pictochart, Zoom и др.

Приобретение студентами умений пользоваться электронными системами поиска данных: Google, Yandex, eLibrary.ru, cyberleninka.ru (технология Big Data).

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Надежность систем электропривода» включена в Блок 1 «Дисциплины (модули)» в часть, формируемую участниками образовательных отношений в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электропривод и автоматика учебного плана по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Дисциплина «Надежность систем электропривода» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленности Электропривод и автоматика.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Надежность систем электропривода» являются информатика (1 курс, 1 семестр), цифровые технологии в инженерии (1 курс, 2 семестр), высшая математика (1 курс, 1-2 семестры), теоретические основы электротехники (2 курс, 4 семестр), компьютерное проектирование (2 курс, 3 семестр), автоматика (2 курс, 4 семестр), электрические машины (3 курс, 5 семестр), первичные преобразователи и исполнительные механизмы систем автоматики (3 курс, 5 семестр), электрические и электронные аппараты (3 курс, 6 семестр), основы микропроцессорной техники (3 курс, 6 семестр), преобразовательная техника (3 курс, 6 семестр), электропривод (3 курс, 6 семестр).

Дисциплина «Надежность систем электропривода» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: микропроцессорные системы управления (4 курс, 8 семестр), автоматизированные системы управления (4 курс, 8 семестр); специализированный электропривод (4 курс, 8 семестр); проектирование систем электропривода (4 курс, 8 семестр).

Особенностью дисциплины является наличие в её содержании сочетания чисто теоретических вопросов с вопросами, содержащими прикладной характер.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (пол. ед. части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владееть
1.	ПКос-1	Способен осуществлять монтаж, наладку, эксплуатацию электротехнического и электроинструмента и установок в сельскохозяйственном производстве с применением информационных технологий	ПКос-1.2 Применяет методы и технические средства испытаний, диагностики и повышения надежности энергетического и электроинструмента в сельскохозяйственном производстве	методы расчета оценки надежности и работоспособности систем электропривода с целью повышения надежности энергетического и электроинструмента в сельскохозяйственном производстве; назначение и возможности современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	выполнять расчеты по оценке надежности и работоспособности систем электропривода с целью повышения надежности энергетического и электроинструмента в сельскохозяйственном производстве	методами расчета по оценке надежности и работоспособности систем электропривода с целью повышения надежности энергетического и электроинструмента в сельскохозяйственном производстве
2	ПКос-2	Способен выполнять работы по повышению эффективности энергетического и электроинструмента и установок в сельскохозяйственном производстве	ПКос-2.2 Осуществляет выполнение работ по повышению эффективности энергетического и электроинструмента в сельскохозяйственном производстве	методы оценки надежности систем электропривода в сельскохозяйственном производстве при их проектировании с использованием информационных и цифровых технологий; программные продукты Microsoft Excel, Microsoft Word, Power Point, Pictochart, Matlab, AutoCad и др., для осуществления коммуникации посредством Outlook	применять методы оценки надежности систем электропривода в сельскохозяйственном производстве при их проектировании с использованием информационных и цифровых технологий; программные продукты Microsoft Excel, Microsoft Word, Power Point, Pictochart, Matlab, AutoCad и др., для осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom при выполнении задач профессиональной деятельности	методами оценки надежности систем электропривода в сельскохозяйственном производстве при их проектировании с использованием информационных и цифровых технологий; программные продукты Microsoft Excel, Microsoft Word, Power Point, Pictochart, Matlab, AutoCad и др., для осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom при выполнении задач профессиональной деятельности

7

Рабочая программа дисциплины «Надежность систем электропривода» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представленные в таблице 1.

				Міто, Zoom при выполнении задач профессиональной деятельности	Excel, Microsoft Word, Power Point, Pictochart, Matlab, Mathlab, КОМПАС, AutoCad и др., для осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom при выполнении задач профессиональной деятельности
--	--	--	--	---	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. . (144 часа/в том числе практическая подготовка 4 часа), их распределение по видам работ в семестре № 7 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре		Трудоёмкость	
Вид учебной работы		час. всего/ч	В т.ч. семестре № 7
		144/4	144/4
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану			
1. Контактная работа		50,35/4	50,35/4
Аудиторная работа		50,35/4	50,35/4
в том числе:			
лекции (Л)		34	34
практические занятия (ПЗ)		16/4	16/4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		0,35	0,35
2. Самостоятельная работа (СРС)		93,65	93,65
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		20	20
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям и т.д.)		64,65	64,65
Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)		9	9
Вид промежуточного контроля:		зачёт с оценкой	

* в том числе практическая подготовка

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины						
Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего /*	Аудиторная работа				Высудиторная работа СР
		Л1	ПЗ всего/*	ЛР	ПКР	
Раздел 1 «Основные понятия, показатели надежности и оценки функционирования систем электропривода»	8	2	–			6
Раздел 2 «Модели распределений, используемые в теории надежности, математические зависимости для оценки надежности электроприводов»	26/2	6	2/2			18
Раздел 3 «Причины потери работоспособности систем электропривода»	22	6	2			14
Раздел 4 «Основные характеристики надежности систем электропривода и их элементов»	28	8	2			18

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупненно)	Всего /*	Аудиторная работа			Всего аудиторная работа
		Л1	Л2	Л3	
Раздел 5 «Расчет показателей надежности систем электропривода»	34/2	8	8/2		18
Раздел 6 «Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода»	16,65	4	2		10,65
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,35				0,35
Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)	9				9
Всего за 7 семестр	144/4	34/4	16	0,35	93,65
Итого по дисциплине	144/4	34/4	16	0,35	93,65

* в том числе практическая подготовка

Раздел 1. Основные понятия, показатели надежности и оценки функционирования систем электропривода

Тема 1. Основные понятия и показатели надежности систем электропривода

Основные понятия надежности. Надежность, безотказность, долговечность, предельное состояние, ремонтпригодность, сохраняемость, работоспособность, исправное и неисправное состояния, случайные и неслучайные отказы, показатели безотказности, показатели долговечности, комплексные показатели надежности. Показатели надежности: единичный, комплексный, расчетный, экспериментальный, эксплуатационный, экстраполированный. Показатели надежности нормативные и оценочные.

Показатели надежности: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, работоспособность. Классификация показателей надежности.

Характеристиками безотказности ремонтируемых приводов: параметр потока отказов, наработка на отказ и вероятность безотказной работы. Показатели восстанавливаемости.

Простые свойства надежности: безотказность, восстанавливаемость, невосстанавливаемость, долговечность, устойчивоспособность, ремонтпригодность, повреждаемость, живучесть, сохраняемость и безопасность.

Статистическая оценка и анализ надежности. Прогнозирование надежности оборудования. Нормирование уровня надежности. Расчет и анализ надежности. Задачи теории надежности. Критерий надежности.

Относительность понятия элемент и система в расчетах надежности.

Тема 2. Оценка функционирования систем электропривода

Состояния систем электропривода: исправное, неисправное и предельное.

Отказы систем электропривода: случайные и неслучайные. Единичные показатели надежности: показатели безотказности и восстанавливаемости. Понятие отказа. Классификация отказов. Внезапные отказы. Постепенные отказы. Устойчивые отказы. Неустойчивые отказы.

Показатели безотказности: вероятность безотказной работы, частота отказов, интенсивность отказов, приработка, нормальная работа, износ, время безотказной работы, наработка на отказ.

Показатели долговечности: средний ресурс, средний срок службы, гамма-процентный ресурс. Показатели ремонтпригодности..

Количественные показатели надежности. Надежность как комплексное свойство. Комплексные показатели надежности. Характеристика комплексного показателя надежности: коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, стационарный коэффициент готовности, коэффициент технического использования.

Классификация показателей. Расчетные. Экспериментальные. Эксплуатационные. Нормативные. Оценочные.

Раздел 2. Модели распределений, используемые в теории надежности, математические зависимости для оценки надежности электроприводов

Тема 1. Законы распределения случайных величин

Законы распределения случайных величин: закон Пуассона, экспоненциальное распределение, закон Гаусса (нормальное распределение), логарифмически нормальное распределение, распределение Вейбулла, гамма распределение. Установление функции распределения показателей. Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным данным. Расчеты параметров законов распределений.

Проверка гипотез о законе распределения случайных величин методом математической статистики с помощью критериев согласия. Критерии согласия Колмагорова-Смирнова и Пирсона.

Определение показателей надежности электропривода при различных законах распределений.

Тема 2. Функциональные зависимости в теории надежности

Функция распределения. Функциональные зависимости надежности. Теорема сложения вероятностей. Метод полной индукции. Противоположные события. Теорема умножения вероятностей. Зависимые и независимые события. Вероятность произведения двух независимых событий. Вероятность произведения нескольких событий. Формула полной вероятности.

Надежность функционирования систем электропривода на стадии проектирования, монтажа и эксплуатации.

Раздел 3. Причины потери работоспособности систем электропривода

Тема 1. Причины потери работоспособности систем электропривода

Источники и причины изменения начальных параметров систем электропривода и их анализ. Физика отказов, анализ закономерностей изменения свойств материалов. Три основных источника: 1. Действие энергии окружающей среды, включая человека, исполняющего функции оператора или ремонтника; 2. Внутренние источники энергии, связанные как с рабочими процессами систем электропривода, так и с работой отдельных элементов системы; 3. Потенциальная энергия. Основные виды энергии, влияющие на работоспособность систем электропривода. Механическая энергия, тепловая энергия, химическая энергия.

ческая энергия. Биологические факторы, влияющие на работоспособность систем электропривода.

Неработоспособное состояние электрооборудования.

Тема 2. Основные закономерности возникновения отказов систем электропривода

Физика отказов. Субмикроскопический уровень. Микроскопический уровень. Макроскопический уровень. Анализ закономерностей изменения свойств материалов. Законы старения. Отказы, вызываемые общими причинами (множественные отказы). Конструкторские недоработки. Ошибки эксплуатации и технического обслуживания. Воздействие окружающей среды. Внешнее катастрофическое воздействие. Общий изготовитель. Общий внешний источник питания. Неправильное функционирование.

Классификация отказов: внезапный, постепенный, независимый (первичный), зависимый (вторичный), полный, частичный, сбой (самоустраняющийся отказ), перемежающийся, устойчивый (окончательный), конструкционный, производственный, эксплуатационный.

Виды отказов: приработочные, износные, внезапные, случайные. Критерии отказа. Причины отказа. Признаки отказа. Характер отказа. Последствия отказа.

Неработоспособное состояние. Предельное состояние. Повреждение.

Вероятность отказов $q(t)$. Интенсивность отказов $\lambda(t)$. Кривая зависимости интенсивности отказа от длительности эксплуатации электрооборудования. Параметр потока отказов $\omega(t)$. Нарботка на отказ (T_0) .

Определение вероятности отказов различных систем электропривода.

Раздел 4. Основные характеристики надежности систем электропривода и их элементов

Тема 1. Основные характеристики надежности систем электропривода и их элементов

Показатели надежности восстанавливаемого элемента. Техническое обслуживание и ремонт. Средняя наработка на отказ. Среднее время восстановления. Нарботка между отказами. Коэффициент готовности (K_r) . Коэффициент технического использования.

Показатели надежности невосстанавливаемого элемента. Среднее время безотказной работы. Средняя наработка до отказа. Интенсивность отказов (опасность отказа).

Показатели надежности системы, состоящей из независимых элементов. Коэффициент оперативной готовности.

Простейший метод определения показателей надежности. Упрощенная или линейная форма записи основного закона (вероятности безотказной работы $P(t) = 1 - \lambda t$).

Тема 2. Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода

Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода, распределение нормируемых показателей надежности. Мероприятия по обеспечению

печению надежности. Выбор и обоснование принципов техобслуживания. Видны технического обслуживания и ремонта. Назначение норм надежности. Осуществление этапов при назначении норм надежности. Факторы, влияющие на назначение норм надежности. Распределение нормируемых показателей надежности. Распределение норм надежности системы по элементам. Принципы выбора показателей надежности. Общая методика выбора показателей надежности.

Составление логических схем для расчета надежности.

Первый этап: описание работы системы; определение содержания термина «безотказность работы системы» (БРС) и составление перечня свойств исправной системы и разделение ее на элементы.

Второй этап: анализ и классификация отказов элементов и системы. Оценивается влияние отказа каждого элемента системы на работоспособность системы в целом.

Третий этап (основной этап): составление структурной (логической) модели безотказной работы системы. Последовательность составления логической схемы. Способы соединения элементов в схемы.

Выбор и уточнение значений показателей надежности.

Раздел 5. Расчет показателей надежности систем электропривода

Тема 1. Оценка надежности систем электропривода с помощью структурных схем

Структурные схемы надежности системы. Структурные схемы системы с соединением элементов: а) последовательным; б) параллельным; в) последовательно – параллельным (смешанным).

Модели надежности. Структурные модели надежности сложных систем. Факторы, отрицательно влияющие на надежность сложных систем.

Метод структурных схем. Расчет структурной надежности. Элементные методы расчета. Коэффициентный метод расчета надежности систем. Коэффициенты надежности и их значение (коэффициент надежности (k_i) ; интенсивность отказов (λ_{bi})). Схема замещения. Расчет структурной надежности систем. Методы расчета показателей структурной надежности. Показатели структурной надежности. Интенсивность отказа. Параметр потока отказов. Частота и продолжительность состояний.

Вероятность безотказной работы последовательно соединенных элементов. Интенсивность отказов для узлов с последовательно соединенными элементами.

Расчет надежности системы при параллельном соединении элементов (с резервированием).

Расчет надежности системы при параллельно-последовательном (смешанном) соединении элементов.

Последовательность выполнения расчета вероятности безотказной работы систем электропривода: анализируют устройство и выполняемые им функции, разделение системы на элементы (интенсивность отказов, которых известна), анализируют выполняемые функции составными элементами системы, анализируют условия эксплуатации элементов, определяют продолжительность эксплуатации элементов, анализируют связи между элементами; определяют вероятность возникновения отказов системы; составление структурной схемы,

которая является моделью безотказной работы системы; составляют расчётные зависимости для определения вероятности безотказной работы системы, используя данные по безотказности ее элементов.

Расчет показателей надежности восстанавливаемого элемента. Расчет показателей надежности невосстанавливаемого элемента

Системы с резервированием. Виды резервирования: структурное, информационное, временное. Методы резервирования: пассивное, активное. Виды структурного активного резервирования: ненагруженный, облегченный, нагруженный. Методы резервирования: постоянное резервирование и резервирование замещением.

Расчет надежности систем без резервирования. Расчет надежности систем с резервированием. «Холодное» резервирование. «Горячее» резервирование.

Проектные расчеты систем электропривода. Мостиковые схемы.

Тема 2. Расчет показателей надежности систем электропривода

Задача расчета надежности систем электропривода. Цель расчета надежности. Алгоритм расчета надежности: 1. Словесное описание условий эксплуатации. 2. Назначение вида расчета. 3. Разбиение системы на блоки и узлы. 4. Разбиение на заданные функции. 5. Учет действующих факторов (расчет их влияния). 6. Расчет надежности частей системы. 7. Составление структурной схемы надежности системы: 8. Параллельно-последовательная структура; 9. Ветвящаяся структура; 10. Логическая функция; 11. Графологическая структура. 12. Составление набора расчетных формул. 13. Расчет надежности системы. 14. Анализ полученных результатов и принятия решений.

Задание на расчет надежности: назначение системы ее состав и основные сведения о функционировании; показатели надежности и признаки отказов, целевое назначение расчетов; требования к точности и достоверности расчетов, к полноте учета действующих факторов.

Составление математической модели, связывающей рассчитываемые показатели системы с показателями надежности элементов. Выполнение расчета, анализ полученных результатов, корректировка расчетной модели.

Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков, имеющих различные значения **интенсивности отказов**

Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков и имеющей дублирование.

Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков и имеющей дублирование наименее надежных блоков.

Раздел 6. Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода

Тема 1. Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода

«Ветвящиеся системы». Определения и символы, используемые при построении дерева отказов. Качественная и количественная оценка дерева отказов Упрощенная структура «дерева неисправностей»: отказ системы; отказ элементов; отказ составных частей; события, порождающие отказ; виды воздействия.

Событие – отказ электрооборудования. Качественная и количественная оценка дерева отказов. Типы блоков: логические символы и символы событий. Логические символы. Символы событий: круглый блок, прямоугольный блок, ромб. «Дерево отказов» для случая первичных отказов. Структура «дерева отказов». Метод первичных отказов. Метод вторичных отказов. Метод инициированных отказов.

Тема 2. Вероятностная оценка дерева отказов
Вероятностная оценка дерева отказов. Гипотетическое дерево событий. Дерево неисправностей в случае повторяющегося события. Дерево неисправностей при отсутствии повторяющихся событий. Определение показателей надежности отдельных элементов дерева отказов. Расчет показателей надежности всей системы электропривода. Преимущества и недостатки метода дерева отказов.

4.3 Лекции и практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций и практических занятий и контрольные мероприятия					
№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
1.	Раздел 1 «Основные понятия, показатели надежности и оценки систем электропривода» Тема 1. Основные понятия, показатели надежности и оценки функционирования систем электропривода. Тема 2. Оценки функционирования систем электропривода	Лекция № 1. Основные понятия, показатели надежности и оценки функционирования систем электропривода. (мультимедиа-презентация) Power Point	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		2
2.	Раздел 2 «Модели распределений, используемые в теории надежности, математические зависимости для оценки надежности электроприводов» Тема 1. Законы распределения случайных величин (лекция-визуализация) Тема 2. Законы распределения случайных величин (лекция-визуализация) Практическое занятие № 1. Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным дан-	Лекция № 2, № 3. Законы распределения случайных величин. (лекция-визуализация) Практическое занятие № 1. Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным дан-	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени. Тестирование	8/2 4 2/2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Ным. Определение показателей надежности электропривода при различных законах распределений Mentimeter			
	Тема 2. Функциональные зависимости в теории надежности	Лекция № 4. Функциональные зависимости в теории надежности. (мультимедиа-презентация) Power Point	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		2
3.	Раздел 3 «Причины потери работоспособности систем электропривода» Тема 1. Причины потери работоспособности систем электропривода	Лекция № 5. Причины потери работоспособности систем электропривода. (лекция-беседа) Mentimeter.	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		8
	Тема 2. Основные закономерности возникновения отказов систем электропривода	Лекция № 6, № 7. Основные закономерности и возникновения отказов систем электропривода. (лекция-визуализация)	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		4
		Практическое занятие № 2. Изучение приемов анализа закономерности возникновения отказов систем электропривода. Определение вероятности отказов различных систем электропривода. Mentimeter	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени	2
4.	Раздел 4 «Основные характеристики надежности систем электропривода и их элементов» Тема 1. Основные характеристики надежности систем электропривода и их систем	Лекция № 8, № 9. Основные характеристики надежности систем электропривода и их систем	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		10
					4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
	электропривода и их элементов	элементов. Простейший метод определения показателей надежности. (мультимедиа-презентация) Power Point			
		Практическое занятие № 3. Освоение порядка расчета надежности электропривода. Выполнение простейших расчетов надежности электропривода. Лекция № 9, № 10. Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода. (мультимедиа-презентация) Power Point	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени. Тестирование.	1
	Тема 2. Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода	Лекция № 9, № 10. Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода. (мультимедиа-презентация) Power Point	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		4
		Практическое занятие № 3. Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода. Общая методика выбора показателей надежности. Лекция-беседа	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени	1
5.	Раздел 5 «Расчет показателей надежности систем электропривода» Тема 1. Оценка надежности систем электропривода с помощью структурных схем	Лекция № 11, № 12. Оценка надежности систем электропривода с помощью структурных схем. Коэффициентный метод расчета надежности. (лекция-беседа) Mentimeter	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		16/2
		Практическое занятие № 4. Коэффициентный метод расчета надежности ст.	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени	4
					2/2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Расчет надежности системы, состоящей из нескольких элементов, соединенных последовательно. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких элементов, соединенных параллельно. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких элементов, соединенных последовательно-параллельно (со смешанным соединением элементов). Mentimeter			
		Практическое занятие № 5. Расчет надежности систем с резервированием и без резервирования. Расчет показателей надежности системы с восстанавливаемым и невосстанавливаемым элементом. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких узлов и стабилизатора. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков, соединенных параллельно с переключающими элементами. Mentimeter	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени	2
	Тема 2. Расчет показателей надежности систем электропривода	Лекции № 13, № 14. Расчет показателей надежности систем электропривода (лекция-беседа) Mentimeter.	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		4

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов/ из них практическая подготовка
		Практическое занятие № 6. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков, имеющей дублирование. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков, имеющей дублирование наименее надежных блоков Mentimeter		Решение задач в условиях ограничения времени	2
		Практическое занятие № 7. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков, имеющих различные значения вероятности безотказной работы. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких блоков, имеющих различные значения интенсивности отказов. Mentimeter	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени	2
6.	Раздел 6 «Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода»	Тема 1. Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода			6
		Лекция № 15. Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода (мультимедиа-презентация) Power Point	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		2
		Практическое занятие № 8. Построение деревьев отказов простых систем электропривода.	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)	Устный опрос Решение задач в условиях ограничения времени	2

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/практических занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов из них практическая подготовка
		Mentimeter		Итоговое тестирование по дисциплине	2
	Тема 2. Вероятностная оценка дерева отказов	Лекция № 16. Вероятностная оценка дерева отказов. (лекция-визуализация)	ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2)		

4.4. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

№ п/п	Номера и название разделов, тем	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
Раздел 1 «Основные понятия и показатели надежности систем электропривода»		
1	Тема 1. Основные понятия и показатели надежности систем электропривода	Случайные и неслучайные отказы (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))
2	Тема 2. Оценка функционирования систем электропривода	Комплексные показатели надежности (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))
Раздел 2 «Модели распределений, используемые в теории надежности, математические зависимости для оценки надежности электроприводов»		
3	Тема 1. Законы распределения случайных величин	Распределение Вейбулла-Гнеденко (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))
4	Тема 2. Функциональные зависимости в теории надежности	Определение асимметрии и эксцесса распределений (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))
Раздел 3 «Причины потери работоспособности систем электропривода»		
5	Тема 1. Причины потери работоспособности систем электропривода	Законы состояния и старения (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))
6	Тема 2. Основные закономерности возникновения отказов систем электропривода	Причины множественных отказов (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))
Раздел 6 «Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода»		
7	Тема 1. Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода	Показатели качественной оценки дерева отказов (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))

№ п/п	Номера и название разделов, тем	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
8.	Тема 2. Вероятностная оценка дерева отказов	Преимущества и недостатки метода дерева отказов (ПКос-1 (ПКос-1.2), ПКос-2 (ПКос-2.2))

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания применяется, в основном, традиционная (объяснительно-иллюстративная) технология обучения. Согласно учебному плану и графику учебного плана для организации процесса освоения студентами дисциплины «Надежность систем электропривода» используются следующие формы теоретического и практического обучения, соответствующие традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологии:

- основные формы теоретического обучения: лекции, индивидуальные консультации;
- основные формы практического обучения: практические занятия, лабораторные работы;
- дополнительные формы организации обучения: самостоятельная работа студентов.
- цифровые технологии (проблемное обучение, информационно-коммуникационная технология, проектное обучение, Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Zoom).

Кроме этого, при проведении занятий предусмотрено использование современных методов обучения, указанных в таблице 6.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий		
№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1.	Основные понятия, показатели надежности и оценки функционирования систем электропривода.	Л Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-презентация) Power Point
2.	Законы распределения случайных величин. (лекция-визуализация)	Л Технология проблемного обучения (лекция-визуализация)
3.	Выбор и обоснование показателей надежности систем электропривода.	Л Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-презентация) Power Point
4.	Оценка надежности систем электропривода с помощью структурных схем. Коэффициентный метод расчета надежности	Л Технология проблемного обучения (лекция-беседа) Mentimeter.
5.	Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода.	Л Информационно-коммуникационная технология (мультимедиа-презентация) Power Point

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
		ПЗ	Технология контекстного обучения (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
6.	Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным данным. Определение показателей надежности электропривода при различных законах распределений.	ПЗ	Технология контекстного обучения (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
7.	Коэффициентный метод расчета надежности. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких элементов, соединенных последовательно. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких элементов, соединенных параллельно. Расчет надежности системы, состоящей из нескольких элементов, соединенных последовательно-параллельно (со смешанным соединением элементов)	ПЗ	Технология контекстного обучения (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
8.	Расчет надежности системы состоящей из нескольких узлов, имеющих различные значения вероятности безотказной работы. Расчет надежности системы состоящей из нескольких блоков, имеющих различные значения интенсивности отказов.	ПЗ	Технология контекстного обучения (решение типовых задач в условиях ограничения времени)
9.	Построение деревьев отказов простых систем электропривода.	ПЗ	Технология контекстного обучения (решение типовых задач в условиях ограничения времени)

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

При изучении разделов дисциплины «Надежность систем электропривода» в течение семестра используются следующие виды контроля:

- текущий,
- промежуточный.

Текущий контроль знаний предполагает посещение лекций, устные ответы студентов на вопросы на практических занятиях, выполнения тестовых заданий, решения типовых задач, в том числе в условиях ограничения времени, выполнение расчетно-графической работы.

Промежуточный контроль знаний: зачет с оценкой.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

1) При изучении дисциплины «Надежность систем электропривода» учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Задачей выполнения расчетно-графической работы является закрепление теоретических знаний по курсу, развитие навыков самостоятельной работы, а также освоение методов расчета показателей надежности систем электропривода, развитие навыков самостоятельной работы, навыков поиска (применя электронные системы поиска данных: Google, Yandex, elibrary.ru, subetepinka.ru), анализа и представления информации в различных формах: традиционной (бумажный носитель) и цифровой (электронные носители).

Расчетно-графическая работа выполняется студентом во внеурочное время с использованием любых информационных и программных материалов, носит расчетно-графический характер и выполняется с использованием программ КОМПАС или AutoCad.

Оформляется расчетно-графическая работа в текстовом редакторе Microsoft Word и Microsoft Excel для составления таблиц, диаграмм и вычисления простых и сложных функций.

Примерная тема расчетно-графической работы:

«Расчет показателей надежности электропривода»

2) Пример тестовых заданий для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 2 «Модели распределений, используемые в теории надежности математические зависимости для оценки надежности электроприводов»

Тема 1. Законы распределения случайных величин

Практическое занятие № 1. Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным данным. Определение показателей надежности электропривода при различных законах распределений.

Тест № 1

1. Что собой представляет закон распределения случайной величины?

- это соотношение, устанавливающее взаимосвязь между возможными значениями случайной величины и соответствующими вероятностями;
- характеристика распределения случайной величины;
- основная характеристика случайной величины;
- распределение вероятностей по значениям.

2. Основные законы распределения случайных величин:

- Гаусса, Ньютона, Вейбулла;

10. В теории надежности используется ряд законов. «Для дискретных случайных величин используются следующие законы ...».

- а) биномиальный;
- б) Пуассона;
- в) экспоненциальный;
- г) Вейбулла.

3) Пример типовых задач для текущего контроля знаний обучающихся (решение задач на ПК в режиме ограничения времени):

По разделу 2 «Модели распределений, используемые в теории надежности математические зависимости для оценки надежности электроприводов»

Тема 1. Законы распределения случайных величин

Практическое занятие № 1. Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным данным. Определение показателей надежности электропривода при различных законах распределений.

С учетом элементов практической подготовки – связанных с будущей профессиональной деятельностью

Задача 1. По данным эксплуатации электродвигателя установлено, что наработка на отказ подчиняется экспоненциальному закону с параметром $2 \cdot 10^5 \text{ ч}^{-1}$. Найти вероятность безотказной работы за $t=100$ часов и математическое ожидание наработки на отказ.

Задача 2. На испытание поставлено 1000 электродвигателей, которые с течением времени отказывают один за другим. За первый час испытаний отказало 63 электродвигателя. Через 100 часов осталось в работе 105 электродвигателей. За последующий час отказало еще 22 электродвигателя.

Определить интенсивность отказов за первый и последний зафиксированный час работы. Сделать вывод о надежности электродвигателя в начале и конце испытаний.

Задача 3. Время безотказной работы электродвигателя подчиняется закону Вейбулла с параметрами $k=1.5$; $a=10^{-4} \text{ 1/час}$, а время работы электродвигателя $t=100$ час. Требуется вычислить количественные характеристики надежности электродвигателя $p(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$, $m(t)$.

Задача 4. Система состоит из трех блоков, среднее время безотказной работы которых равно: $mt_1=160$ час; $mt_2=320$ час; $mt_3=600$ час.

Для блоков справедлив экспоненциальный закон надежности. Требуется определить среднее время безотказной работы системы.

Задача 5. Определить интенсивность отказов и среднюю наработку на отказ электродвигателя. Отказы описываются законом Вейбулла - Гнеденко с параметрами: $a=7$ лет, $b=1.25$.

4) Пример перечня вопросов для устного опроса студентов для текущего контроля знаний обучающихся:

По разделу 2 «Модели распределений, используемые в теории надежности, математические зависимости для оценки надежности электроприводов»

б) Гаусса, Вейбулла, экспоненциальный;
в) нормальный, Вейбулла, параболический;
3. Сколько основных параметров имеет закон Пуассона?

- а) три;
- б) два;
- в) один;
- г) несколько.

4. Какое основание имеет экспоненциальное распределение?

- а) 10;
- б) $2,73$;
- в) 5;
- г) 3.

5. Распределение Вейбулла характеризуется параметрами:

- а) модой и медианой;
- б) параметрами формы и масштаба;
- в) эксцессом и масштабом;
- г) дисперсией и асимметрией.

6. Гамма-распределение является расширенной характеристикой:

- а) потока отказов изделия;
- б) факториала;
- в) распределения случайной величины;
- г) гистограммы.

7. Функция распределения показателя – это:

- а) функциональная зависимость вероятности и случайной величины;
- б) интегральный закон распределения показателя;
- в) функция зависимости случайных величин;
- г) функция интенсивности показателя.

8. Теорема сложения вероятностей показывает, что:

- а) порядок сложения вероятностей неизменен;
- б) вероятность сложения двух несовместных событий равна сумме вероятностей их появления;
- в) вероятности складываются по очереди.

9. В теории надежности используется ряд законов. «Для непрерывных случайных величин используются следующие законы ...».

- а) биномиальный;
- б) Пуассона;
- в) экспоненциальный;
- г) Вейбулла.

Тема 1. Законы распределения случайных величин

Практическое занятие № 1. Установление функции распределения показателей надежности по экспериментальным данным.
Определение показателей надежности электропривода при различных законах распределений.

Перечень вопросов для устного опроса

1. Что представляет собой экспоненциальное распределение?
2. Что представляет собой закон Пуассона?
3. Что представляет собой закон Гаусса?
4. Что представляет собой гамма-распределение?
5. Что представляет собой гистограмма?
6. Что представляет собой гистограмма распределения случайной величины?
7. Что представляет собой «логарифмическое нормальное распределение»?
8. Что представляет собой функция распределения?
9. Какими свойствами обладает функция распределения?
10. Что представляет собой плотность распределения?
11. Напишите формулу определения статистической плотности распределения отказов.
12. Является ли показателем надежности плотность распределения времени безотказной работы?
13. Что представляет собой вариационный ряд?

5) Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой):

1. Определение основных объектов в надежности машин – изделия, элемента и системы.
2. В чем состоит различие между восстанавливаемыми и невосстанавливаемыми изделиями?
3. Определение основных состояний и событий в надежности машин – работоспособности, исправности и неисправности, отказа.
4. Классификация отказов.
5. Что представляет собой кривая изменения интенсивности отказов во времени?
6. Определение основных показателей надежности – безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости.
7. Чем отличается безотказность изделия от его долговечности?
8. Определения показателей для оценки безотказности – вероятности безотказной работы и вероятности отказа, параметра потока отказов, средней наработки на отказ (между отказами), средней наработки до отказа, интенсивности отказов. Их единицы измерения.
9. Физический смысл параметра потока отказов.
10. Определение показателей для оценки долговечности – технического ресурса, срока службы, гамма-процентных ресурса и срока службы. Единицы их измерения.

11. Отличия технического ресурса от срока службы.
12. Определения показателей для оценки ремонтопригодности – времени восстановления, среднего времени восстановления работоспособности, вероятности восстановления работоспособности в заданные сроки, интенсивности восстановления.
13. Определения показателей для оценки сохраняемости – среднего и гамма-процентного сроков сохраняемости.
14. Определение комплексных показателей готовности и коэффициента оперативного использования, коэффициента готовности и коэффициента оперативной готовности.
15. Отличия коэффициента готовности и коэффициента оперативной готовности.
16. Определение экономического показателя надежности.
17. Основные показатели надежности для восстанавливаемого изделия.
18. Основные показатели надежности для восстанавливаемого изделия.
19. Основные методы нормирования показателей надежности.
20. Градация изделий по классам надежности.
21. Что такое категория последствий отказов?
22. Что такое уровень опасности отказов?
23. Понятие гистограммы, методика построения гистограммы и кривой эмпирического распределения.
24. Определение характеристик положения случайных распределений: математического ожидания, моды, медианы, среднего квадратического отклонения.
25. Определение характеристик рассеяния случайных распределений: дисперсии, среднего квадратического отклонения, коэффициента вариации.
26. Дать определение асимметрии и пояснить её влияние на характер кривой распределения.
27. Дать определение эксцесса и пояснить его влияние на положение кривой распределения.
28. Понятие о законах распределения случайных величин. Пояснить их назначение.
29. В каких случаях на практике целесообразно применять нормальное распределение, каков вид кривых его плотности и функции распределения?
30. В каких случаях на практике целесообразно применять экспоненциальное распределение, каков вид кривых его плотности и функции распределения?
31. В каких случаях на практике целесообразно применять распределение Вейбулла, каков вид кривых его плотности и функции распределения?
32. Назначение критериев согласия экспериментальных и теоретических распределений.
33. Какие ошибки возможны при выдвижении гипотез о принадлежности эмпирических распределений теоретическим законам?
34. Методика применения критериев Пирсона, Романовского и Колмогорова.
35. Как вычисляются доверительные границы для параметров законов распределения и показателей надежности?
36. Определения независимых, функционально зависимых и связанных вероятностной зависимостью случайных величин.

37. Понятие сложной системы. Особенности сложной системы с позиций надежности.
38. Перечислить четыре группы элементов сложных систем – расчлененных, связанных и комбинированных.
39. Отличия основных типов структур сложных систем – расчлененных, связанных и комбинированных.
40. Схемная надежность сложных систем при последовательном соединении элементов.
41. Схемная надежность при параллельном соединении элементов.
42. Пояснить термин «структурное резервирование».
43. Виды резервирования в зависимости от схемы включения резерва.
44. Виды резервирования в зависимости от способа включения резерва.
45. Виды резервирования в зависимости от состояния резерва.
46. Определения характеристик резервирования – кратности и коэффициента выигрыша надежности.
47. Что такое дублирование?
48. Схемная надежность при нагруженном резервировании.
49. Схемная надежность при раздельном резервировании.
50. Схемная надежность при ненагруженном резервировании.
51. Пояснить принцип избыточности при повышении надежности.
52. Структурные схемы сложных систем.
53. Построение дерева отказов.
54. Основные методы обеспечения надежности систем электропривода.
55. Основные причины потери работоспособности систем электропривода.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине «Надежность систем электропривода» применяется **традиционная** система контроля и оценки успеваемости студентов.

Критерии оценки знаний устанавливаются в соответствии с требованиями к профессиональной подготовке, исходя из действующих учебных планов и программ с учетом характера конкретной дисциплины. Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 7.

Таблица 7
Критерии оценивания результатов обучения (зачета с оценкой)

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции , закрепленные за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4»	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал,

(хорошо)	учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Компетенции , закрепленные за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с проблемами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции , закрепленные за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции , закрепленные за дисциплиной, не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

- Аполлонский, С.М. Надежность и эффективность электрических аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 448 с. - Режим доступа: [URL: https://e.lanbook.com/book/210692](https://e.lanbook.com/book/210692).
- Буторин, В.А. Эксплуатация и надежность электрооборудования [Текст]: учебное пособие / В.А. Буторин; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования, ФГОУ ВПО «Челябинский гос. агроинженерный ун-т». – Челябинск: Челябинский гос. агроинженерный ун-т, 2009. – 168 с.
- Зубарев, Ю. М. Основы надежности машин и сложных систем: [Электронный ресурс]: учебник / Ю. М. Зубарев. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 180 с. Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки – Режим доступа: [URL: ^Ahttps://e.lanbook.com/book/134345^A](https://e.lanbook.com/book/134345^A).
- Медведев, А.А. Эксплуатация электрооборудования в сельском хозяйстве [Текст]: учебник для вузов / А.А. Медведев, С.А. Суворов, А.А. Лавров. – М.: ФГБНУ «Росинформатех», 2014.– 278 с.
- Пинчуков, П. С. Надежность электроустановок [Электронный ресурс]: учебное пособие / П. С. Пинчуков, М. В. Наконечный. - 2-е изд., испр. и доп. — Хабаровск: ДВГУПС, 2021. – 99 с. – Режим доступа: [URL: https://e.lanbook.com/book/259433](https://e.lanbook.com/book/259433).
- Книга из коллекции ДВГУПС - Инженерно-технические науки. Рекомендовано Методическим советом по качеству образовательной деятельности ДВГУПС в качестве учебного пособия
- Шишмарёв, В. Ю. Надежность технических систем [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. - 2-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан. col. – Москва :Орайт, 2025. – 289 с. - (Высшее образование). – Режим доступа: [URL: https://urait.ru/bcode/563716](https://urait.ru/bcode/563716).

7.2. Дополнительная литература

1. Васильева, Т. Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения [Электронный ресурс]: [монография] / Т. Н. Васильева. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 153 с. : – Режим доступа: [URL: https://lib.ruscont.ru/efd/297864](https://lib.ruscont.ru/efd/297864).
2. Коломейченко, А. В. Надежность технических систем. Практикум [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Коломейченко, Ю. А. Кузнецов, В. Н. Логачев, Н. В. Титов. – Орел : ОрелГАУ, 2013. – 114 с. – Режим доступа: [URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl_id=71362](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl_id=71362). Книга из коллекции ОрелГАУ - Инженерно-технические науки. Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия».
3. Малафеев, С.И. Надежность технических систем. Примеры и задачи. [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Малафеев, А.И. Копейкин. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург.: Лань, 2021 – 316 с. – Режим доступа: [URL: ^Ahttps://e.lanbook.com/book/171887^A](https://e.lanbook.com/book/171887^A).
4. Малафеев, С.И. Надежность электроснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ С.И. Малафеев. - 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург.: Лань, 2022. – 368 с. – Режим доступа: [URL: ^Ahttps://e.lanbook.com/book/183737^A](https://e.lanbook.com/book/183737^A).
5. Сырых, Н.Н. Теоретические основы эксплуатации электрооборудования [Текст]: учебное пособие для вузов / Н.Н. Сырых, Н.Е. Кабдин. – М.: Агроизд-центр, 2007.–516 с.
6. Федоренко, В.Ф. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития [Текст]: научное издание/ В.Ф. Федоренко, Н.П. Мишурунов, Д.С. Булгакин, В.Я. Гольяпкин, И.Т. Голубев – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 314 с.

7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ16503-70-«Промышленные изделия. Номенклатура и характеристика основных показателей надежности».
2. ГОСТ 18322-73 –«Системы технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения».
3. ГОСТ13377-75- «Надежность в технике. Термины и определения».

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Формами организации учебного процесса по дисциплине «Надежность систем электропривода» являются лекции и практические занятия, консультации, самостоятельная работа студентов. Лекции и практические занятия проводятся в группах. По курсу предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

На лекциях излагается теоретический материал, практические занятия проводятся для закрепления теоретических знаний.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

В учебном процессе рекомендуется использовать следующее программное обеспечение: Design Expert (Stat-Easy, Inc.), Statistica; Matlab, КОМПАС, AutoCad, Microsoft Power Point, Miro, Kahoot, Mentimeter, Pictochart, Zoom и др., Интернет, электронные ресурсы технических библиотек, а также интернет-ресурсы:

1. <http://electro.hotmail.ru/> (Интернет-коллоквиум по электротехнике) (открытый доступ);
2. http://window.edu.ru/window/library?p_gid=40524 (Электрические машины: лекции и примеры решения задач) (открытый доступ);
3. http://window.edu.ru/window/library?p_gid=40470 (Электротехника и электроника: учебное пособие) (открытый доступ);
4. <http://www.kodges.ru/> (тексты книг по электротехническим дисциплинам, в основном, в формате. pdf для бесплатного перекачивания) (открытый доступ);
5. <http://www.electrolibrary.info> (электронная электротехническая библиотека) (открытый доступ);
6. <http://www.rsl.ru> (официальный сайт российской государственной библиотеки) (открытый доступ);
7. <http://www.cnsrb.ru/elbib.shtm> (электронная библиотека ЦНСХБ) (открытый доступ);
8. Центральная научная библиотека им. Н.И. Железнова www.library.timacad.ru/ (открытый доступ).
9. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> (открытый доступ).
 - <https://psytests.org/ig/shiur/shiurA-run.html>
 - <https://portal.timacad.ru>
 - <https://onlinetestpad.com/vmptgicdboani>
 - <https://www.mentimeter.com/>

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8

Перечень программного обеспечения				
№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор
1.	Раздел 1 «Основные понятия и показатели надежности систем электропривода»	Microsoft Word Microsoft Excel Power Point	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Презентация	Microsoft Microsoft Microsoft
				2016 2016 2016

6.	Раздел 6 «Логико-графические методы анализа надежности, методы обеспечения надежности систем электропривода»	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация https://www.mentimeter.com/ компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	Microsoft Microsoft Autodesk Microsoft	2016 2016 2020 2016 2014
----	--	---	--	---	--

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 9

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Обеспечение специальными помещениями и помещений для самостоятельной работы
1	2
Корпус № 24, аудитория № 306	Компьютерный класс тип 2: компьютеров – 26 шт., проектор Acer H6517ST – 1 шт., интерактивная доска – 1 шт.
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных Wi-Fi, Интернет – доступом.	
Общжития № 4, № 5 и № 11. Комнаты для самоподготовки.	

11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

В учебном курсе «Надежность систем электропривода» по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электропривод и автоматика студенты получают знания:

- по расчёту и анализу показателей надежности систем электропривода;
- о методах расчета оценки надежности и работоспособности систем электропривода с целью повышения надежности энергетического и электро-технического оборудования в сельскохозяйственном производстве;
- по оптимизации уровня надежности для систем управления электроприводами.

	Mentimeter	https://www.mentimeter.com/ компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	2014
2.	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация https://www.mentimeter.com/ компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	2016 2016 2020 2016 2014
3.	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация https://www.mentimeter.com/ компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	2016 2016 2020 2016 2014
4.	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация https://www.mentimeter.com/ компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	2016 2016 2020 2016 2014
5.	Microsoft Word Microsoft Excel AutoCad Power Point Mentimeter	Оформительская Расчетная, составление таблиц и диаграмм Система автоматизированного проектирования (САПР) Презентация https://www.mentimeter.com/ компьютерная программа (приложение) для обратной связи в режиме реального времени	2016 2016 2020 2016 2014

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

лекции (занятия лекционного типа);
практические занятия (занятия семинарского типа);
индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
самостоятельная работа обучающихся;

занятия иных видов и проведение текущего контроля успеваемости.
На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные на стоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Методические рекомендации для успешного освоения студентом дисциплины «Надежность систем электропривода» сводятся к следующему:

1. Активно изучать теоретический материал, излагаемый на лекциях. С этой целью необходимо перед следующей лекцией проработать материал предыдущей лекции. В случае возникновения вопросов необходимо обратиться к учебной литературе, а при невозможности самостоятельно решить возникшие проблемы подготовить вопросы и обратиться с ними к преподавателю. Используя информационные технологии организовать электронное хранилище информации по своей специальности и заносить туда собранную информацию и выполненные работы.

2. На **практических занятиях** обдуманно выполнять задания, самостоятельно производить расчеты, анализировать полученные результаты.

Самостоятельная работа студентов предполагает проработку лекционного материала, подготовку к самостоятельным работам по рекомендуемой литературе, изучение дополнительной литературы, дополнительное конспектирование некоторых разделов курса, подготовку докладов и сообщений на сессии студенческой научной конференции, выполнение домашнего задания (расчетно-графической работы).

При самостоятельной работе следует рекомендовать студентам использовать электронные учебные пособия.

Расчетно-графическую работу рекомендуется выполнять последовательно и систематически по мере изучения соответствующего раздела дисциплины. При возникновении трудностей следует обращаться к преподавателю.

Регулярно посещать тематические выставки, например, «Агропродмаш», «Золотая осень», «Электро 20...» и др.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме лекции.

Студент, пропустивший практическое занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему, решить задачи и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме практического занятия.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Формами организации учебного процесса по дисциплине, согласно структуре, являются лекции, практические занятия, консультации и самостоятельная работа студентов.

Чтение лекций осуществляется в аудитории, оборудованной аппаратурой для компьютерной презентации.

На **лекциях** излагается теоретический материал: даётся оценка роли дисциплины в учебном процессе, рассматриваются основные понятия, показатели и определения.

Чтение лекций целесообразно сопровождать демонстрацией презентаций, видеоклипов и т.п. Для этого в лекционной аудитории рекомендуется иметь проекционное оборудование, интерактивную доску и т.п.

Практические занятия проводятся в виде решения задач по расчёту и анализу показателей **надежности** электротехнического оборудования и др.

Занятия целесообразно проводить в интерактивной форме – междисциплинарное обучение – подготовка студенческих докладов. Преподаватель оценивает решения и проводит анализ результатов. По наиболее сложным темам и возникшим при этом вопросам, на практическом занятии могут быть проведены собеседования и консультации.

Для успешного аудиторного и самостоятельного изучения дисциплины на занятиях целесообразно информировать студентов о наличии и возможности использования различных отраслевых баз данных, информационно-справочных и поисковых ресурсов по электрооборудованию, средствам механизации и электрификации процессов, техническому сервису в агропромышленном комплексе.

Рекомендуется посещение тематических и агропромышленных выставок с последующей групповой дискуссией по результатам посещения.

Программу разработали:

Кабин Н.Е. к.т.н., доцент



(подпись)

Селезнева Д.М. к.т.н.



(подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.В.01.05 «Надежность систем электропривода»
ОПОП ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направлен-
ность Электропривод и автоматика (квалификация выпускника – бакалавр)

Загинайловым Владимиром Ильичом, профессором кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктором технических наук (далее по тексту рецензент), проведенная рецензия рабочей программы дисциплины «Надежность систем электропривода» ОПОП ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электропривод и автоматика (квалификация выпускника – бакалавр) разработанной в институте механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина (разработчики – Кабдин Николай Егорович, доцент, кандидат технических наук и Селезнева Дарья Михайловна, доцент, кандидат технических наук).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Надежность систем электропривода» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» в профессиональный модуль по направленности (профилю) Электропривод и автоматика учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Надежность систем электропривода» закреплены **2 компетенции (2 индикатора достижения компетенции)**. Дисциплина «Надежность систем электропривода» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Надежность систем электропривода» составляет 3 зачётных единицы (108 часов / в том числе практическая подготовка 4 часа).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Надежность систем электропривода» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Надежность систем электропривода» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, участие в тестировании, решение типовых за-

дач, работа над аудиторными заданиями – практические занятия, выполнение расчетно-графической работы), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины включенной в часть, формируемую участниками образовательных отношений профессиональный модуль по направленности (профилю) Электропривод и автоматика учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины «Надежность систем электропривода» представлено: основной литературой – 6 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 6 наименования, периодическими изданиями – 8 источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 9 источников и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Надежность систем электропривода» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Надежность систем электропривода».

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Надежность систем электропривода» ОПОП ВО по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность Электропривод и автоматика (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Каб-диным Н.Е., доцентом, кандидатом технических наук и Селезневой Д.М., доцентом, кандидатом технических наук соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Загинайлов В.И., профессор кафедры электроснабжения и теплоэнергетики имени академика И.А. Будзко института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», доктор технических наук


(подпись)

« 20 » июня 2025 г.