

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электротехнические, электромеханические и электронные системы автономных объектов

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.02.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 73,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Останин С.Ю.
	Идентификатор	Rb8b8c8f4-OstaninSY-0fc12b9b

С.Ю. Останин


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Румянцев М.Ю.
	Идентификатор	R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f

М.Ю.
Румянцев

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Румянцев М.Ю.
	Идентификатор	R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f

М.Ю.
Румянцев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов, способов, средств и особенностей обеспечения надёжности электрооборудования и, тем самым, эффективной эксплуатации современных и перспективных летательных аппаратов

Задачи дисциплины

- освоение процедуры обеспечения надёжности как межотраслевого показателя качества технических устройств и систем;
- освоение процесса оптимизации показателя надёжности технического устройства или системы, необходимость которой обусловлена особенностями серийного производства и ограничениями во времени и в материальных затратах на разработку и производство технических устройств и систем, в частности, электрооборудования летательных аппаратов;
- освоение методов обеспечения надёжности технических устройств и систем, в частности, электрооборудования летательных аппаратов;
- формирование технически грамотного отношения к проблеме надёжности электрооборудования, обеспечивающего эффективный процесс эксплуатации современных и перспективных летательных аппаратов;
- формирование представления о процедуре проектирования технических устройств и систем как ответственности разработчика за соответствие технического устройства или системы условиям их эксплуатации;
- изучение отказа технического устройства или системы как объективного явления процесса эксплуатации, обусловленного процессом серийного производства электрооборудования летательных аппаратов;
- обучение применению способов и средств обеспечения надёжности технических устройств и систем, в частности, электрооборудования летательных аппаратов.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен выбирать оптимальные из известных и проектировать новые технические решения в области профессиональной деятельности в рамках сформулированной задачи, составлять и оформлять техническую документацию	ИД-1 _{ПК-1} Знает и умеет выбирать критерии оптимальности показателей качества объекта проектирования	знать: - методическое обеспечение испытаний электрооборудования летательных аппаратов, учёт международных требований; - основные понятия теории надёжности и значение надёжности для жизненного цикла технических объектов и систем; - вопросы теории о сопутствующем случайном событии при анализе работоспособности технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, особенности выбора числа сопутствующих случайных событий; - количественные критерии и характеристики надёжности элементов, входящих в структурную схему замещения технического устройства, принцип формирования матрицы возможных состояний элементов

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>технического устройства, представления состояния элементов технического устройства в такой матрице, формирования результирующих сведений о надёжности технического устройства;</p> <ul style="list-style-type: none"> - критерий правильности выбора числа сопутствующих случайных событий, теорию минимизации числа сопутствующих случайных событий, вопросы формирования условных вероятностей отдельных состояний технического устройства; - особенности использования формулы Бернулли как частного случая матрицы возможных состояний элементов технического устройства, особенности использования формулы полной вероятности для анализа надёжности технических устройств, в частности, элементов, систем электрооборудования летательных аппаратов; - директивную и регламентную документацию по организации испытаний активных материалов, компонентов, элементов, конструкций устройств и систем электрооборудования автономных объектов: стандарты, планы, научно-исследовательское, математическое, методическое, материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний, структуру базовых учреждений и подразделений, ведущих испытания электрооборудования, и их особенности.
<p>ПК-1 Способен выбирать оптимальные из известных и проектировать новые технические решения в области профессиональной деятельности в рамках сформулированной задачи, составлять и оформлять техническую документацию</p>	<p>ИД-2ПК-1 Умеет проводить многокритериальную оценку качества проектных решений</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - базовые приоритеты, основные критерии оценки эффективности решения указанных задач; - особенности обеспечения надёжности, содержание основных работ на этапах обеспечения надёжности применительно к устройствам и системам электрооборудования летательных аппаратов; - базовые подходы к обеспечению надёжности, основные виды анализа надёжности и их взаимосвязи, этапы

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>решения задач надёжности;</p> <ul style="list-style-type: none"> - организационную базу, ресурсы, ресурсосбережение и ограничения, накладываемые на деятельность в области обеспечения надёжности технических устройств; - цели и задачи обеспечения надёжности электрооборудования летательных аппаратов; - виды организаций, занимающихся вопросами надёжности изделий электрооборудования летательных аппаратов; - классификацию объектов и задач обеспечения надёжности, в том числе устройств и систем электрооборудования автономных объектов, в частности, атмосферных и космических летательных аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехнические, электромеханические и электронные системы автономных объектов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин
- знать виды электрических машин и их основные характеристики
- знать эксплуатационные требования к различным видам электрических машин
- знать методы анализа и моделирования линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей
- знать режимы работы и параметры электрических машин и способы их расчёта, схемы включения электрических машин
- знать основные характеристики электромеханических, виброакустических и тепловых процессов в электрических машинах
- знать основные источники научно-технической информации по электротехническим материалам
- знать материалы, применяемые в электротехнических устройствах
- знать основы обеспечения безопасности жизнедеятельности
- знать назначение, элементную базу, характеристики и регулировочные свойства электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока
- знать математическое описание, схемы включения, основные параметры и элементы проектирования электроприводов
- уметь применять, эксплуатировать и производить выбор электрических машин
- уметь формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета с его публичной защитой

- уметь анализировать научно-техническую информацию, участвовать в исследовании электрических машин
- уметь использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики, в своей предметной области
- уметь применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
- уметь самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи
- уметь использовать инструкции, описания, технические паспорта о работе устройств и установок
- уметь использовать приближённые методы расчёта и выбора основных элементов электрических приводов
- уметь анализировать параметры и требования источников питания, а также характеристики нагрузки, как основы технического задания для проектирования электроприводов и их компонентов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов	9	3	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу "Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов и подготовка к контрольной работе"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
1.1	Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов	9		2	-	2	-	-	-	-	-	-	5	

														[7], 29-56
2	Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов и подготовка к контрольной работе
2.1	Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [6], 77-108
3	Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Устойчивость производства технических устройств
3.1	Устойчивость	9	2	-	2	-	-	-	-	-	-	5	-	Устойчивость производства технических устройств

	производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов												устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов"
4	Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов и подготовка к контрольной работе
4.1	Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение</u>

														<p><u>теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[3], 115-154 [4], 93-148</p>
5	Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу</p>	
5.1	Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата	9	2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p>Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 209-256</p>	

6	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства</p>
6.1	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p>структура резервированного технического устройства и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 151-198 [5], 89-144</p>
7	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u></p>

электрооборудования летательных аппаратов													технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов"
Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
Всего за семестр	108.0	16	-	16	-	2	-	-	0.5	40	33.5		
Итого за семестр	108.0	16	-	16		2		-	0.5		73.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов

1.1. Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов

Техническое устройство, определение, общие и отраслевые особенности технического устройства. Электрооборудование летательного аппарата, в том числе атмосферного и космического, как разновидность комплекса технических устройств. Особенности формирования и принятия решения о выпуске технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, на потребительский рынок или о выпуске его по министерскому или ведомственному заказу. Спрос, готовность производства к выпуску технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, анализ аналогов и прототипов и их способности противостоять дестабилизирующим факторам процесса эксплуатации. Техническое задание. Качество технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, количественные показатели (признаки) качества, надёжность как количественный показатель качества. Особенности связи показателя надёжности с остальными показателями качества. Формирование требуемого качества технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, на этапах проектирования и производства. Различие в понимании качества разработчиком и потребителем технического устройства..

2. Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов

2.1. Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов

Понятие о степени структурной сложности технического устройства, в частности, системы электрооборудования летательного аппарата, в том числе атмосферного и космического, функционально необходимая структура как результат анализа требований технического задания на техническое устройство. Формирование структуры функционально пригодного технического устройства. Отказ технического устройства, понятие о совместимости наличия отказов технического устройства в процессе эксплуатации и надёжности технического устройства. Использование косвенных оценок (характеристических критериев) надёжности технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, на этапах его проектирования и изготовления. Особенности использования аналогов и прототипов при разработке технических устройств, в частности, элементов электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических, с заданным уровнем надёжности..

3. Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов

3.1. Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов

Обобщённая модель технического устройства, параметры материалов, компонентов, элементов и узлов (исходные параметры), входящих в структуру технического устройства, в частности, системы электрооборудования летательного аппарата, в том числе атмосферного и космического, входные характеристики технического устройства. Связь набора выходных характеристик модели с системой показателей качества технического устройства.

Особенности представления исходных параметров в математической модели технического устройства как случайных величин. Математические методы нахождения связей между входными параметрами и выходными характеристиками модели. Брак и потенциальная устойчивость качества технического устройства в эксплуатации. Основные виды испытаний технических устройств, в частности, элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических, на пригодность к эксплуатации в оговорённых техническим заданием условиях. Испытания на работоспособность, испытания на надёжность, возможности по сокращению сроков испытаний технических устройств и систем. Обработка результатов испытаний, доверие к результатам испытаний..

4. Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов

4.1. Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов

Терминология и символика в теории надёжности. Математическая модель отказа технического устройства, основанная на принципе «нагрузка – прочность». Опыт эксплуатации технических устройств, в частности, элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических, и особенности формирования возможно более полных справочных сведений о надёжности. Количественные показатели надёжности: вероятность отказа, вероятность безотказной работы, частота отказов, интенсивность (условная частота) отказов. Экспериментальное определение количественных показателей надёжности технических устройств и систем, в частности, элементов или систем электрооборудования летательных аппаратов. Особенности переноса сведений о надёжности на вновь разрабатываемое или модернизируемое техническое устройство или систему, в частности, на элемент или систему электрооборудования летательного аппарата, в том числе атмосферного и космического..

5. Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата

5.1. Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата

Первичная информация о количественных показателях и характеристиках надёжности элементов, входящих в структурную схему, используемую для анализа надёжности, степень её достоверности, доверие итоговым результатам, в частности, для элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических. Анализ надёжности технического устройства с использованием логико-структурной схемы замещения, учёт разновидностей отказов технического устройства. Анализ надёжности технического устройства с использованием таблицы (матрицы) возможных состояний его элементов. Принцип формирования матрицы, представления состояния элементов технического устройства в матрице, формирование результирующих сведений о надёжности технического устройства. Особенности использования формулы Бернулли как частного случая матрицы возможных состояний элементов технического устройства. Особенности использования формулы полной вероятности для анализа надёжности технических устройств, в частности, элементов, систем электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических. Понятие о сопутствующем случайном событии при анализе работоспособности технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Особенности выбора числа сопутствующих случайных событий, критерий правильности выбора числа сопутствующих случайных

событий. Минимизация числа сопутствующих случайных событий, формирование условных вероятностей отдельных состояний технического устройства..

6. Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства

6.1. Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства

Введение с целью обеспечения или повышения надёжности избыточности в техническое устройство, в частности, элемент или систему электрооборудования летательного аппарата, в том числе атмосферного и космического, резервированным замещением. Обобщённая модель резервированного технического устройства. Особенности учёта состояния основной системы и резервной системы в резервированном техническом устройстве, в частности, в элементах и системах электрооборудования летательных аппаратов. Рекуррентная модель -кратно резервированного технического устройства, то есть устройства, резервированного с кратностью . Резервирование технических устройств с дробной и целочисленной кратностью..

7. Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата

7.1. Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата

Поэлементное, поблочное и посистемное резервирование технических устройств, в частности, элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических. Количественные показатели и характеристики надёжности резервированного технического устройства при граничных режимах работы резервных систем..

8. Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов

8.1. Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов

Особенности процедуры однокритериальной оптимизации и процедуры многокритериальной оптимизации структуры технического устройства. Особенности указанных процедур оптимизации применительно к элементам и системам электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических. Выбор резервируемых блоков (элементов) технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательных аппаратов. Процедура динамического программирования и особенности использования этой процедуры при поиске структуры технического устройства, удовлетворяющей заданному критерию оптимальности или заданной системе критериев оптимальности. Особенности использования указанной процедуры применительно к поиску и оптимизации структур систем электрооборудования летательных аппаратов, в том числе атмосферных и космических..

3.3. Темы практических занятий

1. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства;
2. Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом

особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности.;

3. Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата.

Экспериментальное определение количественных показателей надёжности технического устройства. Международная система управления качеством ISO-9000.

Параметр надёжности, формируемый по потоку отказов;

4. Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования;

5. Количественные показатели и характеристики надёжности технического устройства с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов. Математическая модель отказа технического устройства в рамках соотношения «нагрузка – прочность»;

6. Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования;

7. Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов. Особенности использования математического аппарата теории вероятностей и математической статистики для формирования базы данных о параметрах входных элементов технического устройства. Математические методы описания разброса параметров входных элементов, входящих в структуру математической модели технического устройства;

8. Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов. Меры по обеспечению надёжности технического устройства – объекта исследования в магистерской диссертации.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата"

6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Знать:										
директивную и регламентную документацию по организации испытаний активных материалов, компонентов, элементов, конструкций устройств и систем электрооборудования автономных объектов: стандарты, планы, научно-исследовательское, математическое, методическое, материально-техническое и метрологическое обеспечение испытаний, структуру базовых учреждений и подразделений, ведущих испытания электрооборудования, и их особенности	ИД-1 _{ПК-1}			+						Контрольная работа/Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства.
особенности использования формулы Бернулли как частного случая матрицы возможных состояний элементов технического устройства, особенности использования формулы полной вероятности для анализа надёжности технических устройств, в частности, элементов, систем электрооборудования летательных аппаратов	ИД-1 _{ПК-1}				+	+				Контрольная работа/Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства.
критерий правильности выбора числа сопутствующих случайных событий, теорию минимизации числа сопутствующих случайных событий, вопросы формирования	ИД-1 _{ПК-1}	+								Контрольная работа/Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов.

условных вероятностей отдельных состояний технического устройства									Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования
количественные критерии и характеристики надёжности элементов, входящих в структурную схему замещения технического устройства, принцип формирования матрицы возможных состояний элементов технического устройства, представления состояния элементов технического устройства в такой матрице, формирования результирующих сведений о надёжности технического устройства	ИД-1 _{ПК-1}				+				Контрольная работа/Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства.
вопросы теории о сопутствующем случайном событии при анализе работоспособности технического устройства, в частности, элемента или системы электрооборудования летательного аппарата, особенности выбора числа сопутствующих случайных событий	ИД-1 _{ПК-1}	+							Контрольная работа/Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов. Меры по обеспечению надёжности технического устройства – объекта исследования в магистерской диссертации Контрольная работа/Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования

основные понятия теории надёжности и значение надёжности для жизненного цикла технических объектов и систем	ИД-1 _{ПК-1}								+	+	Контрольная работа/Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов. Меры по обеспечению надёжности технического устройства – объекта исследования в магистерской диссертации
методическое обеспечение испытаний электрооборудования летательных аппаратов, учёт международных требований	ИД-1 _{ПК-1}	+									Контрольная работа/Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов. Меры по обеспечению надёжности технического устройства – объекта исследования в магистерской диссертации
классификацию объектов и задач обеспечения надёжности, в том числе устройств и систем электрооборудования автономных объектов, в частности, атмосферных и космических летательных аппаратов	ИД-2 _{ПК-1}	+									Контрольная работа/Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования
виды организаций, занимающихся вопросами надёжности изделий электрооборудования летательных аппаратов	ИД-2 _{ПК-1}			+							Контрольная работа/Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства.

цели и задачи обеспечения надёжности электрооборудования летательных аппаратов	ИД-2ПК-1	+				+			Контрольная работа/Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования
организационную базу, ресурсы, ресурсосбережение и ограничения, накладываемые на деятельность в области обеспечения надёжности технических устройств	ИД-2ПК-1			+	+				Контрольная работа/Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования
базовые подходы к обеспечению надёжности, основные виды анализа надёжности и их взаимосвязи, этапы решения задач надёжности	ИД-2ПК-1						+		Контрольная работа/Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования
особенности обеспечения надёжности, содержание основных работ на этапах обеспечения надёжности применительно к устройствам и системам электрооборудования летательных аппаратов	ИД-2ПК-1					+		+	Контрольная работа/Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования
базовые приоритеты, основные критерии оценки эффективности решения указанных задач	ИД-2ПК-1		+						Контрольная работа/Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов. Меры по обеспечению надёжности технического устройства – объекта исследования в магистерской диссертации (Контрольная работа)
2. Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства. (Контрольная работа)
3. Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования (Контрольная работа)
4. Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка за освоение дисциплины определяется с учётом семестровой составляющей, формируемой из оценок, полученных при текущем контроле с весовыми коэффициентами, указанными в БАРС-структуре дисциплины, и экзаменационной составляющей, полученной за экзамен.

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Безопасность и надежность технических систем : учебное пособие для вузов по специальности "Испытание летательных аппаратов" / Л. Н. Александровская, [и др.] . – М. : Логос : Университетская книга, 2008 . – 376 с. – (Новая унив. б-ка) . - ISBN 978-5-9870411-5-5 .;
2. Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем : учебное пособие / Е. Ф. Березкин . – Санкт-Петербург : Лань, 2022 . – 260 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-3375-9 .;

3. Папков, Б. В. Надежность и эффективность электроснабжения : Учебное пособие / Б. В. Папков, Нижегород. гос. техн. ун-т (Нижегор. ГТУ) . – Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 1996 . – 209 с. - ISBN 5-230-03020-8 : 4.00 .;
4. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / В. М. Скрипник, [и др.] . – М. : Радио и связь, 1988 . – 183 с.;
5. Антонов, Б. М. Системы электроснабжения с нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии : вопросы повышения эффективности и надёжности при работе в автономных режимах и совместно с сетью переменного и постоянного тока / Б. М. Антонов, Н. Н. Баранов, В. М. Батенин . – Москва : Печатный салон "ШАНС", 2019 . – 176 с. - ISBN 978-5-6042605-0-0 .;
6. Алексаньян И. М., Нахимович И. А.- "Основы теории надёжности", Издательство: "РГУПС", Ростов-на-Дону, 2017 - (116 с.)
<https://e.lanbook.com/book/129300>;
7. В. Ф. Калинин, А. В. Кобелев, С. В. Кочергин- "Надёжность систем электроснабжения", Издательство: "Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ)", Тамбов, 2011 - (81 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277978>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. SimInTech;
3. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-602, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-602, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-602, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для	НТБ-201,	стол компьютерный, стул, стол письменный,

самостоятельной работы	Компьютерный читальный зал	вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	М-602, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска интерактивная, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-608/1, Аудитория каф. "ЭКАОиЭТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, кондиционер, 3D-принтер

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Надежность электрооборудования ЛА**

(название дисциплины)

3 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов. Меры по обеспечению надёжности технического устройства – объекта исследования в магистерской диссертации (Контрольная работа)
- КМ-2 Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Закономерности разброса параметров выходных характеристик технического устройства. Аналитические методы определения разброса, методы математического моделирования (Контрольная работа)
- КМ-3 Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата. Структурные способы управления уровнем надёжности технического устройства на стадии проектирования (Контрольная работа)
- КМ-4 Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов. Постановка задачи об оптимальной структуре технического устройства с заданным уровнем надёжности. Особенности отраслевого нормирования структуры (по материалам, элементам, узлам, допустимым в эксплуатации режимам работы) функционально пригодного технического устройства. (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов					
1.1	Надёжность как показатель качества технического устройства в составе электрооборудования летательных аппаратов		+	+	+	
2	Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов					
2.1	Понятие о функциональной пригодности технического устройства в структурах электрооборудования летательных аппаратов				+	
3	Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов					
3.1	Устойчивость производства технических устройств, в том числе элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов				+	+

4	Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов				
4.1	Количественные показатели надёжности с учётом опыта разработки, производства и эксплуатации электрооборудования летательных аппаратов			+	+
5	Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата				
5.1	Структурная надёжность технического устройства, в том числе элемента или системы электрооборудования летательного аппарата		+	+	+
6	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства				
6.1	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, оптимальная структура резервированного технического устройства			+	
7	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата				
7.1	Проявление отказов в техническом устройстве с избыточной структурой, в частности, в элементе или системе электрооборудования летательного аппарата	+			
8	Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов				
8.1	Оптимальная структура резервированного технического устройства с учётом особенностей элементов и систем электрооборудования летательных аппаратов	+	+		
Вес КМ, %:		25	25	25	25