



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной физики, электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Диагностика и надежность электрооборудования объектов стройиндустрии

направление подготовки/специальность 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Форма обучения очная

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

формирование у студентов теоретических и практических знаний в области современной теории надежности, необходимых для оценки показателей надежности электрооборудования и систем электроснабжения, расчета систем электроснабжения с учетом фактора надежности, а также необходимых знаний о причинах повреждения основного электрооборудования и систем электроснабжения и способов повышения надежности их работы.

- изучение математического аппарата теории надежности;
- изучение количественных критериев (параметров) надежности элементов и систем электроснабжения;
- изучение факторов, влияющих на надежность, и причин появления отказов, путей повышения надежности систем электроснабжения;
- изучение режимов эксплуатации аппаратуры с учетом ее надежности;
- обучение навыкам обоснования требований к надежности, режимам профилактических работ, нормам запасных элементов, методам отыскания неисправностей, сбору и анализу статистических данных основного электротехнического оборудования;
- обучение навыкам инженерных расчетов надежности аппаратуры;
- обучение навыкам разработки методов и средств технического диагностирования систем электроснабжения.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения и электрооборудования зданий и сооружений	ПК-1.1 Подготавливает варианты технических решений, основываясь на сборе и анализе данных для проектирования	знает программные средства расчета и моделирования электротехнологических процессов и установок. умеет осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию о компьютерных и микропроцессорных средствах и выбирать необходимые материалы. владеет поиска информации об аппаратных и программных компьютерных и микропроцессорных средствах.

ПК-3 Способен участвовать в конструкторской деятельности в области электроснабжения и электрооборудования зданий и сооружений	ПК-3.1 Формирует техническое задание на конструирование с учетом использования в процессе средств автоматизации	<p>знает соответствующий физико-математический аппарат и методы анализа надежности электрооборудования.</p> <p>умеет выбирать и применять эффективные способы повышения надежности электрооборудования и систем электроснабжения при формировании технического задания.</p> <p>владеет методиками расчета надежности электрооборудования и систем электроснабжения промышленных предприятий и городов и методикой проведения диагностики эксплуатируемого оборудования.</p>
ПК-3 Способен участвовать в конструкторской деятельности в области электроснабжения и электрооборудования зданий и сооружений	ПК-3.3 Применяет методы создания моделей объектов профессиональной деятельности	<p>знает</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы теории диагностики электрооборудования; - факторы, определяющие эксплуатационную надежность электрооборудования; - методы расчета надежности и способы обеспечения заданного уровня надежности. <p>умеет применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.</p> <p>владеет методикой проведения диагностики эксплуатируемого оборудования.</p>

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.ДВ.02.01 основной профессиональной образовательной программы 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Теоретические основы электротехники	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2	Электробезопасность жилых и производственных зданий	ПК-2.2, ПК-4.1
3	Теоретические основы электротехники	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
4	Электробезопасность жилых и производственных зданий	ПК-2.2, ПК-4.1

Теоретические основы электротехники

Знать соответствующий физико-математический аппарат и современные методы анализа и средства расчета установившихся и переходных процессов в электрических и магнитных цепях.

Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

Владеть методами анализа и синтеза электрических схем и устройств на основе законов теоретической электротехники

Электробезопасность жилых и производственных зданий

Знать современные способы эксплуатации электрооборудования объектов стройиндустрии

Уметь - проводить испытания электрооборудования;

- предупреждать повреждения и отказы.

Владеть навыками оценки уровня эксплуатации электрооборудования и формирования пути его совершенствования.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Эксплуатация электрооборудования	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
2	Проектирование интеллектуальных систем автоматизации зданий	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК(Ц)-1.3
3	Эксплуатация электрооборудования	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
4	Проектирование интеллектуальных систем автоматизации зданий	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК(Ц)-1.3

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			7
Контактная работа	80		80
Лекционные занятия (Лек)	32	0	32
Практические занятия (Пр)	48	0	48
Иная контактная работа, в том числе:	1,05		1,05
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
Часы на контроль	8,75		8,75
Самостоятельная работа (СР)	54,2		54,2
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	144		144
зачетные единицы:	4		4

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Основы теории надежности										
1.1.	Введение в курс. Надежность при разработке и эксплуатации технических средств. Основные понятия и определения теории надежности.	7	2					2	4	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.2.	Свойства безотказности, сохраняемости, ремонтпригодности и восстанавливаемости	7	2					2	4	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.3.	Аналитические характеристики при внезапных отказах. Плотность распределения и интенсивность отказов	7	2		4			2	8	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.4.	Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка работоспособности	7	2		6			8	16	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.5.	Виды распределения вероятностей, используемые в теории надежности	7	2		8			4	14	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.6.	Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла	7	2		6			6	14	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.7.	Свойства стационарности, отсутствия последействия и ординарности	7	2		6			4	12	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
1.8.	Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени	7	2		6			6	14	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
2.	2 раздел. Методы расчета надежности										
2.1.	Методы расчета надежности нерезервируемых систем. Расчет невозстанавливаемых нерезервируемых систем	7	2		6			6	14	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	
2.2.	Методы расчета надежности резервируемых и восстанавливаемых систем	7	2		4			4	10	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	

2.3.	Методы расчета надежности при появлении постепенных отказов	7	2					2	4	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3
2.4.	Расчеты надежности элементов, обладающих мгновенными и постепенными отказами. Уточненный расчет надежности на примере электролитического конденсатора	7	2					2	4	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3
2.5.	Методы расчета надежности систем с избыточностью	7	2					2	4	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3
3.	3 раздел. Техническое диагностирование									
3.1.	Методы технического диагностирования САУ	7	2		1			2	5	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3
3.2.	Математические модели при диагностировании дискретных систем. Эксплуатационная надежность систем	7	4		1			2,2	7,2	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3
4.	4 раздел. Иная контактная работа									
4.1.	Иная контактная работа	7							0,8	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3
5.	5 раздел. Контроль									
5.1.	Зачет с оценкой	7							9	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Введение в курс. Надежность при разработке и эксплуатации технических средств. Основные понятия и определения теории надежности.	Определение понятия надежности. Классификация систем управления по классам и критериям надежности. Принцип построения иерархических структур управления. Методы декомпозиции в теории надежности. Основные этапы развития теории надежности; роль отечественных ученых в ее развитии. Три основных типа моделей технических систем: модель идеального функционирования, модель работоспособности, общая модель. Исходные данные и этапы проведения расчетов надежности систем автоматического управления. Восстанавливаемые и невосстанавливаемые системы управления. Работоспособное и неработоспособное состояние систем управления. Понятие отказа, сбоя, неисправности.
2	Свойства безотказности, сохраняемости, ремонтпригодности и восстанавливаемости	Длительность безотказной работы. Закон распределения. Описание закона распределения с помощью численных показателей. Определение основных показателей работы.

3	<p>Аналитические характеристики при внезапных отказах.</p> <p>Плотность распределения и интенсивность отказов</p>	<p>Функция распределения случайной величины. Вероятность безотказной работы. Статистическая оценка вероятности события. Вероятность отказа. Полная группа событий. Вероятность безотказной работы на конечном интервале времени. Среднее время безотказной работы. Математическое ожидание времени безотказной работы. Аналитическая зависимость между средним временем безотказной работы и вероятностью безотказной работы. Физическая трактовка средней наработки до отказа при экспоненциальном законе надежности. Среднее время между отказами. Математическое ожидание безотказной работы между соседними отказами. Среднее время между отказами нескольких изделий.</p> <p>Плотность распределения отказов. Выражение для плотности распределения отказов при статистических испытаниях. Связь между вероятностью безотказной работы и плотностью распределения отказов. Интенсивность отказов; лямбда-характеристика. Задание вероятности безотказной работы в течение гарантийного срока в виде долей единицы. Расчеты плотности распределения отказов и интенсивности отказов при статистических испытаниях.</p> <p>Надежностные характеристики на этапах доводки, нормальной эксплуатации и старения. Связь между лямбда-характеристикой и вероятностью безотказной работы. Экспоненциальный закон надежности.</p>
4	<p>Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка работоспособности</p>	<p>Характеристика трех классов систем управления. Системы управления, которые не могут ремонтироваться во время работы. Системы управления для непрерывной работы. Коэффициент готовности. Частота потоков отказов.</p> <p>График функции вероятности восстановления. Интенсивность восстановления. Граф переходов состояний системы. Оценка работоспособности в произвольный момент времени. Коэффициент готовности. Определение коэффициента готовности из статистических расчетов. Стационарный коэффициент готовности. Стационарный коэффициент оперативной готовности.</p>
5	<p>Виды распределения вероятностей, используемые в теории надежности</p>	<p>Виды распределений. Экспоненциальное распределение. Основные величины, характеризующие экспоненциальный закон распределения: интенсивность отказов, наработка до отказа и дисперсия.</p> <p>Прикладное значение экспоненциального распределения. Основные свойства экспоненциального распределения. Доказательство свойства отсутствия последствия. Прикладное значение этого свойства.</p> <p>Суммарное значение интенсивности отказов при последовательном соединении блоков при экспоненциальном распределении.</p>
6	<p>Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла</p>	<p>Аналитическое выражение и кривая нормального распределения. Среднеквадратичное отклонение. Кривая Гаусса. Нормальное распределение с нормируемым множителем. Расчетные формулы для определения надежностных характеристик при нормальном распределении. Усеченное нормальное распределение. Функция плотности усеченного распределения. Аналитическое выражение для нормируемого множителя. Таблица Гауссовых функций. Прикладное значение нормального распределения. Биноминальное распределение. Аналитическое выражение биномиального распределения. Формула Бернулли. Прикладное значение биномиального распределения. Среднеквадратичное отклонение в масштабах Релея. Надежностные характеристики: математическое ожидание, дисперсия, интенсивность отказов. Графические характеристики и прикладное</p>

		значение распределения Релея. Распределение Вейбулла. Универсальность распределения Вейбулла. Показатель распределения Вейбулла. Надежные характеристики: вероятность безотказной работы, интенсивность, дисперсия. Прикладное значение распределения Вейбулла.
7	Свойства стационарности, отсутствия последствия и ординарности	Простейший поток событий. Формула Пуассона. Стационарные потоки с ограниченным последствием. Сравнительный анализ различных законов распределения и границы их возможного применения. Влияние на величину интенсивности отказов специфики пуско-наладочных работ, режимов эксплуатации и ремонта, физического старения оборудования. Условные зоны, определяющие характер изменения величины интенсивности отказов и возможности практического применения в них различных законов распределения.
8	Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени	Марковские процессы, дискретные в пространстве и во времени. Процессы без последствия. Граф переходов и состояний системы управления. Математические модели марковских процессов. Матрица переходных вероятностей марковской цепи. Эргодический процесс. Марковские процессы, переходы в которых совершаются через случайные интервалы времени. Непрерывные во времени марковские процессы. Сходство и различие между марковскими процессами, дискретными и непрерывными во времени. Метод вложенной цепи Маркова. Марковский процесс восстановления. Полумарковские процессы.
9	Методы расчета надежности нерезервируемых систем. Расчет восстанавливаемых нерезервируемых систем	Расчет надежности восстанавливаемых изделий. Надежно-функциональная схема. Различия между функциональной и надежно-функциональной схемами САУ. Последовательное, параллельное и смешанное соединения элементов надежно-функциональных схем. Пример цепной линии электроснабжения.
10	Методы расчета надежности резервируемых и восстанавливаемых систем	Методы расчета надежности резервируемых систем автоматического управления. Способы резервирования. Понятие избыточности. Структурное, информационное, временное резервирование. Постоянное резервирование, резервирование замещением и скользящее резервирование. Нагруженный, облегченный и ненагруженный резервы. Кратность резервирования и степень избыточности. Резервирование без восстановления и резервирование с восстановлением. Расчетно-логические схемы резервирования. Методы расчета надежности восстанавливаемых систем. Процесс поиска отказов, время фиксации отказа. Время обнаружения отказавшего элемента, время замены отказавшего элемента. Тестовые программы. Функции распределения времени обнаружения отказа восстанавливаемых систем. Плотность интенсивности поиска отказов. Вероятность обнаружения неисправного элемента. Среднее время поиска места появления отказа. Общая вероятность восстановления. Аналитическое выражение закона восстановления. Время восстановления аппаратуры систем управления. Определение основных характеристик надежности нерезервируемой восстанавливаемой системы. Граф перехода из неработоспособного состояния в работоспособное состояние. Аналитическое выражение вероятности работоспособного состояния системы автоматического управления в произвольный момент времени.
11	Методы расчета надежности при	Методы расчета надежности при появлении постепенных отказов. Условия работоспособности. Мгновенные или внезапные и

	появлении постепенных отказов	постепенные или параметрические отказы. Этапы расчета надежности при постепенных отказах. Функция Гаусса. Порядок расчета при наличии нескольких элементов. Переход от постепенных отказов к эквивалентным мгновенным отказам. Определение плотности распределения.
12	Расчеты надежности элементов, обладающих мгновенными и постепенными отказами. Уточненный расчет надежности на примере электролитического конденсатора	Общее описание порядка расчета на примере электролитического конденсатора. Оценочный расчет надежности на примере электролитического конденсатора. Средняя номинальная величина времени наработки до отказа. Учет отклонения условий от номинальных. Коэффициенты нагрузки. Причины перехода мгновенных и постепенных отказов к эквивалентным мгновенным отказам.
13	Методы расчета надежности систем с избыточностью	Методы расчета надежности САУ с избыточностью. Структурная избыточность без восстановления. Структурная избыточность с восстановлением. Расчет надежности систем с информационной избыточностью. Расчет надежности систем с временным резервированием.
14	Методы технического диагностирования САУ	Методы технического диагностирования САУ Методологические принципы технического диагностирования. Математические модели линейных непрерывных систем.
15	Математические модели при диагностировании дискретных систем. Эксплуатационная надежность систем	Методы организации замены отказавших элементов. Математические модели систем диагностирования при случайных возмущениях. Принципы детерминированности. Учет влияния характеристик систем диагностирования на показатели надежности. Эксплуатационные данные о надежности и организации их сбора. Методы планирования регламентных проверок и профилактических работ. Методика расчета необходимого количества ЗИП.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
3	Аналитические характеристики при внезапных отказах. Плотность распределения и интенсивность отказов	Решение задач на тему: «Аналитические характеристики при внезапных отказах» Решение задач на расчет основных количественных критериев надежности
3	Аналитические характеристики при внезапных отказах. Плотность распределения и интенсивность отказов	Решение задач на тему: «Плотность распределения и интенсивность отказов» Расчет критериев надежности для невосстанавливаемых систем
4	Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка	Решение задач на тему: «Критерии надежности для восстанавливаемых систем» Расчет критериев надежности для восстанавливаемых систем

	работоспособности	
4	Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка работоспособности	Решение задач на тему: «Вероятность восстановления и оценка работоспособности» Решение задач на определение единичных и комплексных показателей восстанавливаемых систем.
5	Виды распределения вероятностей, используемые в теории надежности	Решение задач на тему: «Определение основных показателей надежности по экспериментальным данным» Решение задач на определение вероятности безотказной работы и интенсивности отказов при экспоненциальном и биномиальном распределении
6	Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла	Решение задач на тему: «Нормальное распределение» Определение показателей надежности и построение графика функции плотности вероятности для случайной величины, распределенной по нормальному закону.
6	Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла	Решение задач на тему: «Распределения Релея и Вейбулла» Определение показателей надежности для случайных величин при распределении Релея и Вейбулла
7	Свойства стационарности, отсутствия последствия и ординарности	Нахождение вероятностей событий для простейших потоков отказов Решение задач.
8	Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени	Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени Решение задач на тему: «Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени»
9	Методы расчета надежности нерезервируемых систем. Расчет восстанавливаемых нерезервируемых систем	Методы расчета надежности Расчет задач на определение показателей надежности восстанавливаемых и нерезервируемых элементов систем электроснабжения
10	Методы расчета надежности резервируемых и восстанавливаемых систем	Расчет задач по определению показателей надежности восстанавливаемых нерезервируемых и резервируемых элементов систем электроснабжения. Проверочные тесты. Расчет задач по определению показателей надежности восстанавливаемых элементов систем электроснабжения
14	Методы технического диагностирования САУ	Математические модели линейных непрерывных систем. Решение задач на нахождение системы контрольных проверок, позволяющих в кратчайшее время отыскать неисправный элемент.
15	Математические модели при диагностировании дискретных систем. Эксплуатационная надежность систем	Математические модели систем диагностирования при случайных возмущениях. Решение задач на нахождение неисправного элемента при ограниченном перечне возможных проверок

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Введение в курс. Надежность при разработке и эксплуатации технических средств. Основные понятия и определения теории надежности.	Основные понятия и определения теории надежности. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций
2	Свойства безотказности, сохраняемости, ремонтпригодности и восстанавливаемости	Свойства безотказности, сохраняемости, ремонтпригодности и восстанавливаемости. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций
3	Аналитические характеристики при внезапных отказах. Плотность распределения и интенсивность отказов	Аналитические характеристики при внезапных отказах. Плотность распределения и интенсивность отказов. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
4	Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка работоспособности	Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка работоспособности. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
5	Виды распределения вероятностей, используемые в теории надежности	Виды распределения вероятностей, используемые в теории надежности. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
6	Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла	Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
7	Свойства стационарности, отсутствия последствия и ординарности	Свойства стационарности, отсутствия последствия и ординарности. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
8	Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени	Марковские процессы. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
9	Методы расчета надежности нерезервируемых систем. Расчет невосстанавливаемых	Методы расчета надежности. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.

	нерезервируемых систем	
10	Методы расчета надежности резервируемых и восстанавливаемых систем	Методы расчета надежности Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
11	Методы расчета надежности при появлении постепенных отказов	Методы расчета надежности Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
12	Расчеты надежности элементов, обладающих мгновенными и постепенными отказами. Уточненный расчет надежности на примере электролитического конденсатора	Методы расчета надежности Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
13	Методы расчета надежности систем с избыточностью	Методы расчета надежности Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций.
14	Методы технического диагностирования САУ	Методы технического диагностирования САУ Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.
15	Математические модели при диагностировании дискретных систем. Эксплуатационная надежность систем	Математические модели при диагностировании дискретных систем. Эксплуатационная надежность систем. Освоение теоретического материала. Подготовка конспекта лекций. Подготовка к ПЗ. Подготовка отчета по ПЗ.

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету с оценкой.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям, в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;

выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;

подготовить отчеты по выполненным практическим работам;

подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является зачет с оценкой. Форма проведения зачета - устная. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Введение в курс. Надежность при разработке и эксплуатации технических средств. Основные понятия и определения теории надежности.	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
2	Свойства безотказности, сохраняемости, ремонтпригодности и восстанавливаемости	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
3	Аналитические характеристики при внезапных отказах. Плотность распределения и интенсивность отказов	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
4	Критерии надежности для восстанавливаемых систем. Вероятность восстановления и оценка работоспособности	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
5	Виды распределения вероятностей, используемые в теории надежности	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа.

			Тесты.
6	Нормальное распределение. Распределения Релея и Вейбулла	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
7	Свойства стационарности, отсутствия последствия и ординарности	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
8	Марковские процессы, непрерывные во времени и дискретные в пространстве и во времени	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
9	Методы расчета надежности нерезервируемых систем. Расчет невосстанавливаемых резервируемых систем	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
10	Методы расчета надежности резервируемых и восстанавливаемых систем	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
11	Методы расчета надежности при появлении постепенных отказов	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
12	Расчеты надежности элементов, обладающих мгновенными и постепенными отказами. Уточненный расчет надежности на примере электролитического конденсатора	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
13	Методы расчета надежности систем с избыточностью	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа. Тесты.
14	Методы технического диагностирования САУ	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа.
15	Математические модели при диагностировании дискретных систем. Эксплуатационная надежность систем	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Устный опрос. Контрольная работа.
16	Иная контактная работа	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Теоретические вопросы
17	Зачет с оценкой	ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3	Теоретические вопросы

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.3.

3.3. контрольные задания и тесты расположены на портале дистанционного обучения СПб ГАСУ по адресу

<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=299>

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-

3.3.

1. Основные понятия теории надежности: состояния системы (объекта), отказы и их классификация.

2. Основные понятия теории надежности: неисправность, безотказность, сохраняемость, ремонтпригодность, восстанавливаемость.

3. Характеристики надежности: основные численные показатели безотказной работы.

4. Характеристики надежности: среднее время безотказной работы

5. Характеристики надежности: среднее время между отказами.

6. Характеристики надежности: плотность распределения отказов.

7. Характеристики надежности: интенсивность отказов; средняя частота отказов.

8. Надежность восстанавливаемых систем. Вероятность, частота, интенсивность восстановления систем.

9. Надежность восстанавливаемых систем. Коэффициент готовности.

10. Экспоненциальное распределение

11. Нормальное распределение

12. Биномиальное распределение.
13. Распределение Релея.
14. Распределение Вейбулла.
15. Простейший поток событий.
16. Расчет невосстанавливаемых систем (основное соединение).
17. Алгоритм расчета невосстанавливаемых нерезервируемых систем. Пример.
18. Понятие о надёжности. Общие положения. Понятия, термины и определения надёжности электроэнергетических систем (ЭЭС).
19. Основные разделы теории вероятностей применительно к науке о надёжности.
20. Основные разделы математической статистики, применительно к надёжности ЭЭС.
21. Основные понятия и термины теории вероятностей. Основные правила и теоремы теории вероятностей.
22. Законы распределения случайных величин. Их применимость. Варианты использования для ЭЭС.
23. Показатели надёжности: технический ресурс, назначенный ресурс, срок службы, их графическая интерпретация.
24. Гамма процентный ресурс. Примеры для ЭЭС.
25. Зависимость интенсивности мгновенных отказов элементов от их режима работы.

Коэффициенты нагрузки.

26. Зависимость интенсивности мгновенных отказов элементов от их режима работы.

Коэффициенты нагрузки.

27. Метод расчетных графиков
28. Расчет надёжности трехфазной мостовой схемы выпрямления
29. Основные понятия теории надёжности: элемент ячейка, узел (блок).
30. Основные понятия теории надёжности: устройство, прибор, установка, система.
31. Иерархическая структура основных компонентов системы, рассматриваемых при расчете надёжности.
32. Надёжность восстанавливаемых систем. Три класса систем, циклы эксплуатации и восстановления.
33. Метод поправочных коэффициентов.
34. Крупнейшие аварии в энергосистемах и их причины. Понятие об отказе.
35. Основные характеристики и особенности ЭЭС с точки зрения надёжности.
36. Определение основных характеристик надёжности нерезервируемой восстанавливаемой системы
37. Эксплуатационные воздействия и их влияние на надёжность. Их классификация.
38. Способы повышения надёжности ЭЭС
39. Резервирование общее и отдельное. Кратность резервирования, дублирование.
40. Резервирование постоянное, замещением, скользящее. Достоинства и недостатки.
41. Информационное, структурное, временное и функциональное резервирование.
42. Нагруженный, облегченный и ненагруженный резерв. Мажоритарное и толерантное резервирование.
43. Иерархическая структура классификации резервирования. Основные свойства резервирования.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-

3.3.

Практические задания расположены на портале дистанционного обучения СПб ГАСУ по адресу

<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=299>

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Не предусмотрено учебным планом.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим

порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.3.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.2.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет проводится в форме собеседования.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутой». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач.</p> <p>Делает некорректные выводы.</p> <p>Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач.</p> <p>Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов.</p> <p>Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач</p> <p>Делает корректные выводы по результатам решения задачи.</p> <p>Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий.</p> <p>Не допускает ошибок при выполнении заданий.</p> <p>Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий.</p> <p>Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>
-------------------	---	--	---	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д., Математические методы в теории надежности: Основные характеристики надежности и их статистический анализ, М.: Либроком, 2017	20
2	Острейковский В.А., Теория надежности, Москва: Абрис, 2012	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200605.html
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Шишмарёв В. Ю., Надежность технических систем, Москва: Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/454286

1	Соколов В. П., Учебно-методическое пособие по курсу Диагностика и надежность автоматизированных систем, Москва: Московский технический университет связи и информатики, 2015	http://www.iprbookshop.ru/61473.html
---	--	---

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Шишмарёв, В. Ю. Надежность технических систем : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 306 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05166-7. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/B7CA2B3B-8826-4562-AC2E-2232692BB8AF .	: www.biblio-online.ru/book/B7CA2B3B-8826-4562-AC2E-2232692BB8AF

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г
Matlab версия R2019a	Договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
71. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.
71. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

71. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
---	--

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.