

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.09	Надежность систем производства электрической и тепловой энергии
----------------	---

Учебный план: _____ ФГОС3++m130401.21-12_26-12.plx

Кафедра: 21 Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:
(специализация) Технология производства электрической и тепловой энергии

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
1	УП	34	34	40	36	4	Экзамен
	РПД	34	34	40	36	4	
Итого	УП	34	34	40	36	4	
	РПД	34	34	40	36	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Кандидат технических наук, доцент

Пеленко В.В.

Саид Мохаммад

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и
тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Злобин В.Г.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области систем производства электрической и тепловой энергии, связанной с освоением методов обеспечения надежности оборудования и систем производства электрической и тепловой энергии при проектировании и эксплуатации, современным и математическими алгоритмами расчета показателей надежности систем производства электрической и тепловой энергии, тенденциями развития методов расчета показателей надежности.

1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть мероприятия по обеспечению показателей надежности систем производства электрической и тепловой энергии при эксплуатации.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по обеспечению надежности систем теплоэнергетики.
- Изучить математические алгоритмы и прикладное программное обеспечение для осуществления, контроля и прогнозирования надежности оборудования и систем производства электрической и тепловой энергии при проектировании и эксплуатации.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования.

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1: Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
Знать: основные понятия, термины и определения, используемые в теории надежности и теории риска; методы оценки и повышения надежности технических систем и снижения риска.
Уметь: использовать основные математические модели надежности для формализации задач обеспечения и управления безопасностью систем производства электрической и тепловой энергии; использовать справочный материал для определения типа математической модели и класса методов ее исследования.
Владеть: математическим аппаратом теории надежности в научных исследованиях и при решении практических задач управления безопасностью производства.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Теория надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии.	1				О
Тема 1. Современные проблемы теории надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии. Принципиальные схемы систем теплоэнергетики: ТЭС, ТЭЦ, котельные, теплоподготовительные установки, ПГУ. Надежность систем теплоснабжения в структуре качества. Номенклатура основных показателей надежности для объектов теплоэнергетического оборудования. Выбор показателей надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии при проектировании.		5	5	6	
Тема 2. Расчет показателей надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии при проектировании. Использование современных информационных технологий при решении задач обеспечения надёжности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии. Разработка структурных схем объектов. Расчёт показателей надёжности энергетического объекта заданной структуры.		5	5	6	
Раздел 2. Контроль надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии при эксплуатации.					О
Тема 3. Методы оценки надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии при эксплуатации. Стандартные и нестандартные методы расчета показателей безотказности. Расчёт показателей надёжности объектов на основе разнородной эксплуатационной информации.		6	6	6	
Тема 4. Методы прогнозирования изменения показателей надежности при эксплуатации объектов и систем производства электрической и тепловой энергии. Критерии предельного состояния оборудования. Остаточный ресурс. Методы оценки и прогнозирования остаточного ресурса.		6	6	8	
Раздел 3. Обеспечение надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии при эксплуатации.					О

Тема 5. Техническое обслуживание объектов и систем производства электрической и тепловой энергии. Виды, особенности технического обслуживания объектов и систем производства электрической и тепловой энергии. Структура систем технического обслуживания объектов производства электрической и тепловой энергии. Обоснование периодичности технического обслуживания. Расчёт оптимальных сроков регламентных работ для энергетических объектов с возрастающей функцией интенсивности отказов.		6	6	6	
Тема 6. Обеспечение надежности объектов и систем производства электрической и тепловой энергии при эксплуатации. Способы и методы корректировки времени технического осмотра. Расчет количества запасных частей невосстанавливаемых элементов. Оценка потребного количества запасных ремонтируемых элементов. Корректировка числа запасных элементов для систем теплоснабжения.		6	6	8	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	40	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		33,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		70,5		73,5	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ОПК-1	- Имеет представление об основных понятиях, терминах, используемых в теории надежности применительно к объектам теплоэнергетики. - Перечисляет основные математические модели надежности и управления безопасностью систем производства электрической и тепловой энергии. - Сопоставляет справочный материал для определения типа математической модели и класса методов ее исследования.

6.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в понимании, изложении и	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы.

	использовании учебного материала. Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.	
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, устраняет их без помощи преподавателя. Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий,	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления

	не знаком с содержанием рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки. Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Как правило, оценка "не удовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	работы. Неспособность ответить на вопросы по письменной работе без помощи преподавателя. Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом.
--	--	---

6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 1	
1	Методы оценки показателей безотказности энергетических объектов при проектировании.
2	Алгоритмы первичной обработки статистической информации при оценке показателей безотказности энергетических объектов при проектировании.
3	Надёжность энергетических объектов. Основные понятия и определения.
4	Виды технического состояния энергетических объектов. Основные понятия и определения.
5	Методы оценки показателей безотказности энергетических объектов в эксплуатации.
6	Методы оценки показателей безотказности энергетических установок при проектировании.
7	Методы оценки показателей безотказности энергетических установок в эксплуатации.
8	Основные законы надёжности сложных технических объектов.
9	Интенсивность отказов объектов энергетики: определение и закономерности изменения.
10	Оценка надёжности объектов на основе анализа разнородной информации.
11	Параметр потока отказов: определение и методы вычисления.
12	Модели технического обслуживания объектов энергетики.
13	Критерии оценки эффективности системы ТО объектов энергетики и методы их вычисления.
14	Функционал эффективности системы ТО: смысл показателя и методы вычисления.
15	Принципы расчёта комплекта ЗИП для обеспечения эффективного функционирования объектов энергетики.
16	Математические методы оценки надёжности сложных технических систем, Марковские процессы.
17	Алгоритмы составления уравнений Колмогорова при анализе надёжности сложных технических систем.

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1.

Оценить интенсивность отказов системы за промежуток времени, если за $T=100$ часов наблюдений из $N=250$ числа объектов отказали $L=12$.

Задача 2.

Оценить вероятность отказа на прогнозируемый период времени $T_{пр}=300$ час., если за $T=250$ часов наблюдений из $N=300$ числа объектов отказали $L=15$.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☒ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
Время на подготовку ответа 45 минут.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				
В. В. Пеленко, А. А. Верхоланцев, В. В. Нечитайлов	Надежность систем производства электрической и тепловой энергии: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.- Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2023	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1674266193.pdf
В.В. Пеленко, А.А. Верхоланцев, А.М. Хлыновский	Надежность источников и систем теплоснабжения промышленных предприятий. Часть 1. Основы теории: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С. Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2020	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1613458477.pdf
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
В.В. Рыбалко	Математические модели контроля надежности объектов энергетики [Текст]: монография	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2010	http://www.nizrp.narod.ru/mmodkontrnad.htm
Леонова, О. В.	Надёжность механических систем	Москва: Московская государственная академия водного транспорта	2015	http://www.iprbookshop.ru/46482.html

7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. База данных большой технической библиотеки "Сайт теплотехника" [Электронный ресурс]. URL:<http://teplokot.ru/>

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional 2013
PTC Mathcad 15
MicrosoftWindows 8

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	Рассчитать коэффициент готовности K_r при средней наработке на отказ $T=100$ тыс.ч и среднем времени восстановления $T_B=10$ тыс.ч.	Расчетная формула $K_r = \frac{T}{T + T_B}$ Ответ $K_r = 0,9$
2	Рассчитать среднюю наработку на отказ T при суммарной наработке $t=100$ тыс.ч. и математическом ожидании числа отказов при этой наработке $M\{r(t)\} = 1$ тыс.	Расчетная формула $T = \frac{t}{M\{r(t)\}}$ Ответ $T = 100$ ч.

№ п/п	Практико-ориентированные задания
1.	Вычислить относительную погрешность измерения температуры δ_T , если абсолютная погрешность ΔT составляет 5 °С, а среднее значение температуры $T_{\text{ср}}$ 300 °С.
2.	Определить погрешность измерения температуры методом Корнфельда в диапазоне 500...520 °С.
3.	Найти сопротивление R медного резистивного измерительного преобразователя длиной $l = 3$ см и площадью сечения 0,1 мм ² . Удельное сопротивление меди 0,018 Ом·мм ² /м.
4.	Вычислить частоту колебаний f , если период волны $T=0,001$ с.
5.	Вычислить угловую частоту ω , если частота колебаний $f = 1000$ Гц.
6.	Найти мощность колебательного процесса P если масса объекта $m= 1$ т, а измеренная виброскорость $v_A= 1000$ м/с.
7.	Найти инерционную силу колебательного процесса F если масса объекта $m= 1$ т, а измеренное виброускорение $a_A= 1000$ м/с ² .
8.	Определить уровень вибрации L (дБ), если измеренное виброускорение $a_A= 1000$ м/с ² , а пороговое значение $a_0= 1$ м/с ² .
9.	Рассчитать коэффициент готовности K_r при средней наработке на отказ $T=100$ тыс.ч и среднем времени восстановления $T_B=10$ тыс.ч.
10.	Рассчитать среднюю наработку на отказ T при суммарной наработке $t = 100$ тыс.ч. и математическом ожидании числа отказов при этой наработке $M\{r(t)\} = 1$ тыс.