

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.В.09	<u>Диагностика теплоэнергетических систем</u>		
Учебный план:		<u>ФГОС3++b130301ПТ-1234_26-14.plx</u>	
Кафедра:	<u>21</u>	<u>Теплосиловых установок и тепловых двигателей</u>	
Направление подготовки: (специальность)		<u>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</u>	
Профиль подготовки: (специализация)		<u>Промышленная теплоэнергетика</u>	
Уровень образования:		<u>бакалавриат</u>	
Форма обучения:		<u>очная</u>	

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
7	УП	17	34	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	17	34	56,75	0,25	3	
Итого	УП	17	34	56,75	0,25	3	
	РПД	17	34	56,75	0,25	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Саид Мохаммад

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Громова Е.Н.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся системных знаний о методах и средствах технической диагностики теплоэнергетического оборудования, изучение физических основ контроля технического состояния без вывода оборудования из эксплуатации, а также освоение алгоритмов оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса тепловых энергоустановок и сетей промышленных предприятий.

1.2 Задачи дисциплины:

ознакомление обучающихся с принципами построения систем технической диагностики теплоэнергетического оборудования промышленных предприятий;

изучение классификации методов и средств технического диагностирования (параметрических, вибрационных, тепловых, акустико-эмиссионных);

освоение методик сбора и обработки диагностической информации для оценки технического состояния оборудования;

обучение анализу результатов диагностирования для выявления дефектов на ранней стадии и определения остаточного ресурса оборудования.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Системы теплоснабжения

Котельные установки и парогенераторы

Тепловые двигатели

Тепломассообмен

Топливо и процессы горения в теплоэнергетических установках

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Физика

Техническая термодинамика

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-1.1: Способен к разработке схем размещения теплоэнергетических объектов в соответствии с технологией производства тепловой и электрической энергии
Знать: принципиальные схемы и конструктивные особенности теплоэнергетических объектов (котлы, турбины, насосы, трубопроводы) как объектов диагностирования; типовые дефекты и повреждения элементов теплоэнергетического оборудования, возникающие в процессе эксплуатации; нормативные документы по эксплуатации и диагностике теплоэнергетических систем.
Уметь: анализировать результаты контроля технического состояния для оценки текущего состояния оборудования; составлять программы и алгоритмы диагностирования для типового теплоэнергетического оборудования.
Владеть: методами и критериями оценки эффективности диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса теплоэнергетических объектов.
ПК-5.1: Способен выполнять специальные расчеты теплотехнологических процессов по типовым методикам
Знать: физические основы параметрических, вибрационных, тепловых и акустико-эмиссионных методов оценки состояния оборудования; методы обработки результатов измерений при проведении диагностирования.
Уметь: применять типовые методики расчета надежности и оценки технического состояния тепломеханического оборудования; читать и интерпретировать диагностические схемы и результаты измерений.
Владеть: навыками выполнения инженерных расчетов параметров технического состояния оборудования; работой с технической документацией и базами данных отказов теплоэнергетического оборудования.
ПК-6.1: Готовность к выполнению работ по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации тепловых сетей, тепломеханического оборудования ТЭС и котельных
Знать: организацию технического диагностирования при эксплуатации тепловых сетей и оборудования (периодичность, методы, средства); методики прогнозирования остаточного ресурса трубопроводов и оборудования по результатам диагностирования.
Уметь: проводить анализ надежности промышленного предприятия на основе данных диагностики; определять показатели надежности и безотказности тепловых сетей и оборудования
Владеть: навыками построения диагностических моделей и формирования заключений о техническом состоянии тепловых энергоустановок.

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. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий (ТЭС ПП).	7				О
Тема 1. Общая характеристика промышленных потребителей топливно-энергетических ресурсов. Общие сведения о системах теплоэнергоснабжения ПП. Структура энергопотребления предприятий энергоемких отраслей промышленности. Графики тепловых нагрузок промышленного предприятия. Проблемы и перспективы развития ТЭС ПП.		1	2	4	
Тема 2. Нормативные документы по использованию энергетических систем на промышленном предприятии. Нормативно-правовые документы. Нормативно-технические документы. Единицы измерения топливно-энергетических ресурсов.		1	4	4	
Тема 3. Методы и критерии оценки эффективности использования энергии на промышленном предприятии. Методы и критерии оценки эффективности использования энергии на промышленном предприятии. Нормирование потребления ТЭР.		2	2	6	
Тема 4. Основные системы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий. Классификация потребителей энергии на промышленном предприятии. Основные принципы построения оптимальных ТЭС ПП.		1	2	8	
Тема 5. Вторичные энергетические ресурсы промышленного предприятия. Виды ВЭР и направления их использования. Экономия энергии при утилизации ВЭР. Принципиальные возможности использования вторичных энергоресурсов.		2	4	6	

Тема 6. Утилизационные системы тепло- и хладоснабжения. Утилизация теплоты в системах промышленных предприятий. Организация централизованной утилизационной системы ВЭР.		1	4	4	
Тема 7. Учет потребления теплоэнергетических ресурсов на промышленном предприятии. Значимость учета энергетических ресурсов. Приборы учета тепловой энергии и теплоносителя. Приборы учета электрической энергии. Приборы для текущего контроля расходования энергоресурсов.		2	4	4	
Раздел 2. Энергетические балансы промышленных предприятий.					
Тема 8. Энергетические балансы промышленных предприятий и методы их анализа. Основные понятия и определения энергетического баланса. Построение энергетических балансов промышленного предприятия. Материальные балансы. Энергетические балансы. Эксергетические балансы. Методы анализа энергетического баланса.		3	4	6	
Тема 9. Анализ энергоэффективности промышленного предприятия. Термодинамические показатели оценки энергетической эффективности ПП. Технические показатели оценки энергетической эффективности ПП. Экономические показатели оценки энергетической эффективности потребления ТЭР.		2	4	4	О
Тема 10. Методы устранения дисбалансов в ТЭС ПП. Причины возникновения дисбалансов прихода и расхода энергоносителей на промышленных предприятиях. Тепловое аккумулирование энергоносителей. Резервирование мощности теплогенераторов. Использование пиковых источников энергоресурсов.		2	4	10,75	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	34	56,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Всего контактная работа и СР по дисциплине		51,25		56,75	

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
ПК-1.1	Обучающийся имеет представление о принципиальных схемах и конструктивных особенностях теплоэнергетических объектов (котлы, турбины, насосы, трубопроводы) как объектов диагностирования; о типовых дефектах и повреждениях элементов теплоэнергетического оборудования, возникающих в процессе эксплуатации; знает нормативные документы по эксплуатации и диагностике теплоэнергетических систем. Умеет анализировать результаты контроля технического состояния для оценки текущего состояния оборудования; составлять программы и алгоритмы диагностирования для типового теплоэнергетического оборудования. Демонстрирует владение методами и критериями оценки эффективности диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса теплоэнергетических объектов.
ПК-5.1	Обучающийся имеет представление о физических основах параметрических, вибрационных, тепловых и акустико-эмиссионных методов оценки состояния оборудования; о методах обработки результатов измерений при проведении диагностирования. Анализирует результаты диагностирования для оценки технического состояния тепло-механического оборудования. Способен читать и интерпретировать диагностические схемы и результаты измерений. Демонстрирует хорошие навыки выполнения инженерных расчетов параметров технического состояния оборудования и работы с технической документацией по диагностике теплоэнергетического оборудования.
ПК-6.1	Обучающийся имеет представление об организации технического диагностирования при эксплуатации тепловых сетей и оборудования (периодичность, методы, средства); о методиках прогнозирования остаточного ресурса трубопроводов и оборудования по результатам диагностирования. Способен проводить анализ надежности промышленного предприятия на основе данных диагностики; определять показатели надежности и безотказности тепловых сетей и оборудования. Демонстрирует навыки построения диагностических моделей и формирования заключений о техническом состоянии тепловых энергоустановок.

6.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся свободно и уверенно оперирует информацией, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой; ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях изучаемой дисциплины. Знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной проблемы. Способен легко ориентироваться при видоизменении задания, использует в ответе материал учебной литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами решения задач.	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, выбора нужных законов и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
Не зачтено	Обучающийся допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Не обладает достаточным уровнем знания дисциплины. Плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий. Обучающийся не способен излагать	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение.

	материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно с большими затруднениями выполняет практическое задание.	
--	--	--

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 7	
1	1. Предмет, задачи и основные понятия технической диагностики: техническое состояние, дефект, от-каз, работоспособность, исправность, ресурс, наработка.
2	2. Классификация видов технического диагностирования: непрерывное, периодическое, по запросу. Роль диагностирования в обеспечении безопасности тепловых энергоустановок.
3	3. Этапы и стратегии технического диагностирования: последовательность действий при диагностировании (сбор данных, обработка, анализ, заключение).
4	4. Стратегии диагностирования: по наработке, по фактическому состоянию, комбинированная. Понятие диагностического эксперимента.
5	5. Понятие остаточного ресурса и его качественная оценка. Различие между диагностированием и контролем технического состояния.
6	6. Классификация методов и средств технического диагностирования. Обзор классов методов: пара-метрические, вибрационные, тепловые (термографические), акустико-эмиссионные, оптические, электрические, радиоволновые.
7	7. Система технического диагностирования (СТД): определение, структура, основные подсистемы (измерительная, обработки данных, поддержки принятия решений, хранения информации).
8	8. Понятие датчика и первичного преобразователя. Классификация СТД: стационарные, переносные, встроенные, внешние. Диагностический признак и диагностический параметр.
9	9. Организационные и нормативные основы систем диагностирования объектов тепловой энергии. Нормативно-техническая документация: правила, стандарты, инструкции.
10	10. Промышленная безопасность объектов тепловой энергии. Экспертная организация и диагностическая лаборатория. Паспортизация объекта диагностирования.
11	11. Документирование результатов диагностирования: акт, заключение, протокол. Периодичность об-следований.
12	12. Система управления диагностированием на ТЭС и котельных.
13	13. Параметрические методы диагностирования. Анализ трендов изменения параметров (температура, давление, расход) для оценки технического состояния оборудования.
14	14. Вибрационные методы контроля технического состояния. Анализ вибрации вращающегося обору-дования (дымососы, насосы, турбины). Диагностические признаки дисбаланса, расцентровки, де-фектов подшипников.
15	15. Тепловые методы контроля. Инфракрасная термография: физические основы, применение для кон-троля тепловой изоляции трубопроводов и оборудования, выявления дефектов.
16	16. Акустико-эмиссионный метод. Эффект Кайзера. Применение для контроля сосудов давления, тру-бопроводов и котельного оборудования.
17	17. Ультразвуковые методы контроля. Применение для измерения толщины стенок и контроля сварных швов трубопроводов тепловых сетей.
18	18. Диагностирование котельных агрегатов. Контроль экранных поверхностей нагрева, барабана котла, горелочных устройств.
19	19. Диагностирование паровых и газовых турбин. Контроль вибрации ротора, состояния подшипников, проточной части.
20	20. Диагностирование трубопроводов тепловых сетей. Коррозионный мониторинг, ультразвуковая толщинометрия, контроль опор и компенсаторов.
21	21. Диагностирование насосного и вентиляторного оборудования. Контроль подшипниковых узлов, ба-лансировка рабочих колес.
22	22. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования. Методы прогнозирования: по наработке, по фактическому состоянию, комбинированные.
23	23. Оценка надежности теплоэнергетического оборудования по результатам диагностирования. Пока-затели безотказности и долговечности.
24	24. Организация диагностического эксперимента. Выбор контролируемых параметров, периодичность измерений, методы обработки результатов.
25	25. Современные тенденции развития систем технического диагностирования. Автоматизированные системы диагностики и мониторинга.

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

При проведении наружного тепловизионного контроля надземного участка тепловой сети диаметром 325 мм выявлен локальный перегрев поверхности. Результаты термографирования:

Точка измерения Температура, °C

Температура теплоносителя (подающий трубопровод) 95

Температура поверхности исправного участка 38

Температура поверхности на участке перегрева 67

Температура окружающего воздуха -5

Требуется:

Рассчитать тепловой поток с 1 м² поверхности для исправного и дефектного участков (коэффициент теплоотдачи $\alpha = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$).

Определить, на сколько процентов увеличились потери тепла на дефектном участке по сравнению с исправным.

Сделать заключение о вероятной причине перегрева.

При проведении планового диагностического обследования дымососа ДН-15 на котельной зафиксированы следующие значения среднеквадратичной вибрационной скорости на опорах подшипников:

Точка измерения Вертикаль, мм/с Горизонталь, мм/с Осевая, мм/с

Опора А (вентилятор) 4,2 6,8 3,1

Опора Б (электродвигатель) 2,8 3,9 5,4

Нормативные значения (согласно ГОСТ ИСО 10816-3) для машин класса 3 (вентиляторы средней мощности) в зоне «В» (длительная работа допустима): 4,5 мм/с.

Требуется:

Сравнить измеренные значения с нормативными. В каких точках и по каким направлениям наблюдается превышение?

Указать наиболее вероятный тип дефекта на основе анализа превышений по направлениям.

Дать рекомендации по дальнейшим действиям.

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 калькулятором;

Время на подготовку ответа 30 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. Нечитайлов	Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий. Ч. 2. Энергетические балансы промышленных предприятий : Текст лекций для студентов всех форм обучения по направлению подготовки: 13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника	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	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1622656946.pdf

В.В. Нечитайлов	Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий. Ч. 1. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий : Текст лекций для студентов всех форм обучения по направлению подготовки: 13.03.01 — Теплоэнергетика и теплотехника	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	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1621015111.pdf
В. В. Нечитайлов	Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий. Часть 1. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий: 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	2022	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1669250014.pdf
В. В. Нечитайлов	Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий. Часть 2. Энергетические балансы промышленных предприятий: 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/1674608720.pdf
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
Стерлигов, В. А., Крамченков, Е. М., Мануковская, Т. Г.	Материальный и тепловой баланс водяной тепловой сети ОАО «НЛМК»	Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ	2013	http://www.iprbookshop.ru/22881.html
Журавлев, А. А., Мысик, В. Ф., Жданов, А. В.	Расчеты материальных и энергетических балансов при выплавке стали в дуговых сталеплавильных печах	Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ	2016	http://www.iprbookshop.ru/68287.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

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

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