

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.02

Энергетические установки высокой эффективности в производстве
электрической и тепловой энергии

Учебный план: ФГОС3++m130401.24-1_22-12.plx

Кафедра: 21 Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:
(специализация) Тепломассообменные процессы и установки

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					
2	УП	17	17	2	36	2	Экзамен
	РПД	17	17	2	36	2	
3	УП	17	17	2	36	2	Экзамен, Курсовой проект
	РПД	17	17	2	36	2	
Итого	УП	34	34	4	72	4	
	РПД	34	34	4	72	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 Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Барановский В.В.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморозин С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: является изучение методов анализа, расчета и проектирования высокоэкономичных газотурбинных и парогазовых ТЭС с высокими показателями тепловой экономичности с учетом режимов их работы.

1.2 Задачи дисциплины:

- овладеть методами оценки технико-экономической эффективности тепловых схем ГТУ, ГПУ и ПГУ ТЭС;
- освоить методы разработки и создания схем энергетических установок высокой эффективности.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике и основные направления развития теплоэнергетики

Надежность систем производства электрической и тепловой энергии

Спец главы теплообмена

Теплообменные процессы сушки и сушильные установки

Теплообменное оборудование ТЭС и АЭС

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-2.1: Способен осуществлять планирование и оптимально распределять топливно-энергетические ресурсы, в соответствии с потребностями и режимами работы теплообменных установок
Знать: особенности рабочего процесса в парогазовых энергетических установках различных схем для выработки электрической и тепловой энергии, определять технико-экономические показатели парогазовых энергетических установок.
Уметь: определять расходы топлива на выработку отдельных видов энергии.
Владеть: оценивать потребность в топливно-энергетических ресурсах, в соответствии с режимами работы энергетических установок; рассчитывать производственные мощности и загрузку оборудования.
ПК-4.1: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации теплообменных установок
Знать: особенности рабочего процесса в парогазовых энергетических установках различных схем для выработки электрической и тепловой энергии.
Уметь: определять эксплуатационные характеристики энергетических установок.
Владеть: навыками работы с нормативно-технической документацией.
ПК-5.1: Способен к проведению технических расчетов, технико-экономического и стоимостного анализа проектных решений теплообменных процессов и установок
Знать: методики выполнения расчетов парогазовых установок; конструкции и основные технические показатели оборудования особенности рабочего процесса в парогазовых энергетических установках различных схем для выработки электрической и тепловой энергии.
Уметь: производить тепловой расчет парогазовых установок по заданным методикам.
Владеть: методами построения современных тепловых схем парогазовых установок.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Введение.	2					О
Тема 1. Основные типы установок высокой эффективности. Современный уровень тепловой экономичности и способы его достижения.		2	2			
Тема 2. Достоинства и недостатки газотурбинных, газопоршневых и парогазовых установок, а также особенности их работы.		2	2			
Раздел 2. Основные типы тепловых схем работающих в энергосистеме на основе ГТУ и ПГУ.						О
Тема 3. Основные типы тепловых схемы, термодинамических циклов, и характеристик газотурбинных циклов.		3	3			
Тема 4. Назначение вспомогательных элементов технологических схем ГТУ (впрыск пара/воды, система туман, подогрев топлива перед КС, промежуточное охлаждение воздуха - интеркуллеры, подогрев охлаждения воздуха на всасе компрессора).		3	3			
Тема 5. Влияние вспомогательных технологий на показатели тепловой экономичности ГТУ.		3	3	1		
Раздел 3. Выбор параметров тепловых схем ПГУ и ГТУ.						
Тема 6. Основные положения методики исследования и оптимизации начальных параметров пара ПГУ-КЭС с КУ одного-, двух- и трех контурных схемах.		2	2			О
Тема 7. Влияние параметров пара на входе в ПТУ, давления в конденсаторе, промежуточного перегрева пара.	2	2	1			

Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	2		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		33,5		
Раздел 4. Газотурбинные и парогазовые теплоэлектроцентрали.						
Тема 8. Газотурбинные ТЭЦ – особенности тепловых схем и способов отпуска теплоты. Теплофикационные парогазовые установки с котлом-утилизатором.		1	1			0
Тема 9. Примеры тепловых схем, показатели экономичности. Режимы работы ПГУ-ТЭЦ.		1	1	0,5		
Раздел 5. Парогазовые энергоблоки в энергосистемах.						
Тема 10. Пути использования твердого топлива на ТЭС. ПГУ с внутрицикловой газификацией угля. Оптимизация структуры схем.		1	1			
Тема 11. Преимущества и недостатки ПГУ с внутрицикловой газификацией угля. ПГУ с впрыском пара и воды в газовый тракт ГТУ.	3	2	2			0
Тема 12. Энергетические системы на базе комбинированных схем ПГУ.		2	2			
Тема 13. ПГУ с параллельной и полузависимой схемами работы. ПГУ со сбросом газов газовой турбины в топку энергетических котлов.		2	2	0,5		
Раздел 6. Переменные режимы работы ПГУ в энергосистеме.						
Тема 14. Основные способы повышения маневренности современных энергоблоков ПГУ.		2	2			0
Тема 15. Оптимизация пусковых и остановочных графиков нагрузки. Пуски из различных состояний. Особенности работы основного оборудования на переменных режимах.		2	2	0,5		

Раздел 7. Современные схемы ТЭС с использованием газопоршневых технологий. Тригенерация.					
Тема 16. Тепловые схемы ГПУ, ГПУ-ТЭЦ, ГП-ПГУ особенности выбора оборудования и тепловой схемы. Схемы отпуска тепловой энергии в виде пара и горячей воды.	2	2			0
Тема 17. Производство холода. Основные параметры и особенности работы.	2	2	0,5		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	17	17	2		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовой проект)	2,5		33,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине	73		71		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Целью курсового проекта является формирование у студентов навыков проведения расчетов, позволяющий выбрать оптимальный источник энергоснабжения (с минимальным потреблением топлива) для производства заданного количества электрической и тепловой энергии. В качестве сравниваемых источников рассматриваются ТЭЦ ПТУ, ТЭЦ ГТУ и ТЭЦ ПГУ.

Задачей курсового проекта является научить студентов выбирать источник энергоснабжения, обеспечивающих минимальное потребление топливных ресурсов при заданных электрических и тепловых нагрузках.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Расчет энергетических установок высокой эффективности для централизованных систем теплоснабжения.

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Результаты представляются в виде пояснительной записки объемом 30-40 стр., содержащей следующие обязательные разделы:

1. Расход рабочего тела, подаваемого в различные элементы тепловой схемы ТЭЦ;
2. Расчет вырабатываемой электрической мощности;
3. Расчет расхода потребляемого топлива;
4. Построение графика зависимости удельного расхода топлива на производство электрической и тепловой энергии от величины относительной выработки данных видов энергии.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПК-2.1	1. Демонстрирует знания основных технико-экономических показателей парогазовых энергетических установок. 2. Рассчитывает расход топлива на выработку отдельных видов энергии. 3. Осуществляет оценку потребности в топливно-энергетических ресурсах, в соответствии с режимами работы энергетических установок.	1. Вопросы устного собеседования. 2. Практико-ориентированные задания. 3. Курсовой проект.
ПК-4.1	1. Демонстрирует знания особенностей рабочего процесса в парогазовых энергетических установках различных схем для выработки электрической и тепловой энергии. 2. Рассчитывает эксплуатационные характеристики энергетических установок. 3. Объясняет принципы работы с нормативно-технической документацией.	1. Вопросы устного собеседования. 2. Практико-ориентированные задания. 3. Курсовой проект.
ПК-5.1	1. Перечисляет методики выполнения расчетов парогазовых	1. Вопросы устного

	<p>установок; конструкции и основные технические показатели оборудования особенности рабочего процесса в парогазовых энергетических установках.</p> <p>2. Формулирует основные принципы теплового расчета парогазовых установок по заданным методикам.</p> <p>3. Демонстрирует методы построения современных тепловых схем парогазовых установок.</p>	<p>собеседования.</p> <p>2. Практико-ориентированные задания.</p> <p>3. Курсовой проект.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>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 использовании учебного материала.</p>	<p>Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа изучаемой дисциплины. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки</p>
4 (хорошо)	<p>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.</p>	<p>Работа выполнена в необходимом объеме при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области энергетики. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>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.</p>	<p>Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>Обучающийся не имеет достаточного уровня знания основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, 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,</p>	<p>Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы без помощи преподавателя. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.</p>

	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.	
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

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

5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 2	
1	Классификация газотурбинных установок. Принципиальные тепловые схемы ГТУ открытого и закрытого типа.
2	Цикл Брайтона с подводом теплоты к рабочему телу при постоянном давлении. Коэффициент полезного действия газотурбинной установки.
3	Характеристики энергетических ГТУ отечественного и зарубежного производства.
4	Котлы-утилизаторы газотурбинных установок.
5	Классификация ПГУ, их преимущества и недостатки.
6	Монарные ПГУ.
7	Утилизационные ПГУ (ПГУ-У).
8	ПГУ со сбросом выхлопных газов в энергетический котел.
9	ПГУ с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ).
10	ПГУ с вытеснением регенерации.
11	Цикл ПГУ с газовым регенеративным подогревателем.
12	Цикл ПГУ с котлом-утилизатором (ПГУ-КУ).
13	ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором.
14	ПГУ с трехконтурным котлом-утилизатором.
15	Принципиальная схема одновальная ПГУ, преимущества и недостатки.
Семестр 3	
16	Парогазовые ТЭС с котлами, работающими на бытовых отходах.
17	Энергетические характеристики оборудования ТЭС.
18	Классификация и характеристика режимов работы ТЭС.
19	Режимы работы газотурбинных установок. Рабочие режимы ГТУ, Статические характеристики ГТУ.
20	Охлаждение деталей газовых турбин. Постановка задачи, способы охлаждения деталей ГТД.
21	Оценка эффективности охлаждения деталей ГТД. Выбор теплоносителя для системы охлаждения.
22	Использование пара для охлаждения деталей газовых турбин.
23	Анализ применения парогазовых технологий в энергетике РФ. Обзор принципиальных схем парогазовых технологий в энергетике РФ.
24	Анализ применения парогазовых технологий в энергетике РФ. Парогазовые технологии в теплофикации.
25	Применение камер сжигания дополнительного топлива в котлах-утилизаторах ПГУ.
26	Горение топлива в обедненной воздушной смеси.
27	Цель расчета тепловой схемы парогазовой установки утилизационного типа. Исходные данные для расчета.
28	Тепловой расчет котла-утилизатора. Цель, исходные данные, последовательность расчета.
29	Выбор типа паровой турбины. Построение и расчет процесса расширения пара в паровой турбине.
30	Тепловой расчет двухконтурной парогазовой установки. Цель расчета. Исходные данные.
31	Технико-экономические показатели утилизационной ПГУ.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача №1.

Определить электрическую мощность противодавленческой турбины ТЭЦ, пар из которой поступает в подогреватель технологической воды. Тепловая мощность подогревателя 5 МВт, параметры пара перед турбиной: давление 4,5 МПа, температура 400 оС, давление в выхлопном патрубке турбины 1,2 МПа. Внутренний относительный КПД турбины 0,82, КПД механически 0,96, КПД генератора 0,98.

Задача №2

Определить расход потребляемого топлива на ТЭЦ с противодавленческой турбиной, пар из которой подается в подогреватель технологической воды. Параметры пара перед турбиной 4,5 МПа, температура 400 С, давление в выхлопном патрубке турбины 1,2 МПа. КПД парогенератора 0,9.

5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

5.3.1 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»

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная + Письменная + Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

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

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Щитов, С. В., Спириданчук, Н. В., Панова, Е. В., Колесникова, О. А.	Теплоэнергетические установки. Теоретические и практические основы дисциплины	Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет	2015	http://www.iprbookshop.ru/55914.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Комарова, Н. А.	Холодильные установки. Основы проектирования	Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности	2012	http://www.iprbookshop.ru/14402.html

6.2 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/>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

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

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска