

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.02

Парогазовые энергетические установки в производстве
электрической и тепловой энергии

Учебный план: ФГОС3++zm130401.21-1_24-13.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: заочная

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	6	6	51	9	2	Экзамен
	РПД	6	6	51	9	2	
2	УП	4	4	55	9	2	Экзамен, Курсовой проект
	РПД	4	4	55	9	2	
Итого	УП	10	10	106	18	4	
	РПД	10	10	106	18	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

Барановский В.В.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теплосиловых установок и тепловых двигателей

Злобин В.Г.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Злобин В.Г.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанные с разработкой проектных решений по модернизации, улучшению эксплуатационных характеристик парогазовых энергетических установок (ПГУ); с техническими расчетами по оценке эффективности принятых проектных решений, по определению технико-экономических характеристик ПГУ, с использованием прикладного программного обеспечения, параметров парогазовых установок с целью выбора наиболее предпочтительных вариантов серийных и для создания новых ПГУ.

1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть мероприятия по улучшению эксплуатационных характеристик ПГУ.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по модернизации существующих и созданию перспективных ПГУ.
- Продемонстрировать алгоритм теплового расчета ПГУ, с использованием прикладного программного обеспечения, для определения её параметров, выбора серийной установки и разработки новой.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новые знания и умения.

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

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения

Надежность систем производства электрической и тепловой энергии

Математическое моделирование рабочих процессов в теплоэнергетических установках

Автономные энергетические установки малой мощности при производстве тепловой и электрической энергии

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-4.2: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонту и модернизации оборудования при производстве тепловой и электрической энергии
Знать: Особенности рабочего процесса в парогазовых энергетических установках различных схем для выработки электрической и тепловой энергии.
Уметь: Определять эксплуатационные характеристики парогазовых установок для выработки тепловой и электрической энергии.
Владеть: Навыками работы с нормативно-технической документацией.
ПК-5.2: Способен к проведению технических расчетов, технико-экономического и стоимостного анализа проектных решений оборудования и технологических процессов производства тепловой и электрической энергии
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 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	
Раздел 1. Газотурбинные установки ПГУ.	1			
Тема 1. Газотурбинные установки современных ПГУ. Классификация газотурбинных установок. Принципиальные тепловые схемы ГТУ. Коэффициент полезного действия газотурбинной установки.		1	1	8
Тема 2. Эксплуатация энергетических газотурбинных установок. Эксплуатация энергетических газотурбинных установок. Характеристики отечественных и зарубежных энергетических ГТУ.		1	1	8
Раздел 2. Камеры сгорания газотурбинных установок.				
Тема 3. Камеры сгорания газотурбинных установок. Характеристики топлив, сжигаемых в камерах сгорания ГТУ. Требования к работе камер сгорания ГТУ. Типы камер сгорания энергетических ГТУ. Особенности сжигания топлива в камерах сгорания ГТУ. Одноступенчатые КС энергетических ГТУ. Двухступенчатые камеры сгорания. Каталитические камеры сгорания.		1	1	8
Тема 4. Горелки для сжигания топлива в камерах сгорания ГТУ. Газодожимные компрессоры топливного газа. Дожигание топлива в среде выходных газов ГТУ.		1	1	8
Раздел 3. Парогазовые энергетические установки.				
Тема 5. Парогазовые установки. Общие положения. Классификация ПГУ, их преимущества и недостатки. Монарные ПГУ. Бинарные ПГУ. ПГУ со сбросом выходных газов ГТУ в энергетический котел. Цикл ПГУ с газовым регенеративным подогревателем. Цикл ПГУ с котлом-утилизатором (ПГУ-У).		1	1	8
Тема 6. Парогазовые установки утилизационного типа ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором. Парогазовый блок мощностью 450 МВт Северо-западной ТЭЦ г. Санкт-Петербурга. Парогазовый блок мощностью 325 МВт Ивановские ПГУ. ПГУ с трехконтурным котлом-утилизатором. Принципиальная схема одновальной ПГУ.		1	1	11
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		6	6	51
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		6,5

Раздел 4. Расчет парогазовых энергетических установок.			
Тема 7. Энергетические характеристики оборудования ТЭС. Классификация и характеристика режимов работы ТЭС. Режимы работы газотурбинных установок. Рабочие режимы ГТУ. Статические характеристики ГТУ. Охлаждение деталей газовых турбин. Способы охлаждения деталей ГТД. Оценка эффективности охлаждения деталей ГТД. Выбор теплоносителя для системы охлаждения. Использование пара для охлаждения деталей газовых турбин.		1	8
Тема 8. Анализ применения парогазовых технологий в энергетике РФ. Обзор принципиальных схем парогазовых технологий в энергетике РФ. Парогазовые технологии в теплофикации. Применение камер сжигания дополнительного топлива в котлах-утилизаторах ПГУ. Горение топлива в обедненной воздушной смеси.		1	8
Тема 9. Расчет тепловой схемы парогазовой установки утилизационного типа. Исходные данные для расчета тепловой схемы парогазовой установки. Типовая схема двухконтурной парогазовой установки. Выбор опорных значений расчетной схемы. Тепловой расчет котла-утилизатора. Выбор типа паровой турбины и расчет процесса расширения пара в ней. Расчет процесса расширения пара в паровой турбине.	2	0,5	8
Тема 10. Расчет двухконтурной парогазовой установки. Исходные данные. Определение теплофизических характеристик уходящих газов. Расчет котла-утилизатора. Приближенный расчет паровой турбины. Расчет котла-утилизатора при впрыске водяного пара в камеру сгорания.		0,5	15
Раздел 5. Определение технико-экономических показателей парогазовых энергетических установок.			
Тема 11. Расчет технико-экономических показателей ПГУ-ТЭС.		0,5	8
Тема 12. Экономические показатели ПГУ-200 Юго-Западной ТЭЦ Санкт-Петербурга.		0,5	8
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		4	55
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовой проект)		2,5	6,5
Всего контактная работа и СР по дисциплине		25	119

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Целью курсового проекта является формирование у

студентов навыков проведения расчетов параметров рабочих тел в ГТУ, КУ и ПТ, расхода топлива в КС ГТУ, а также показателей тепловой экономичности ГТУ, ПТУ и ПГУ.

Задача курсового проекта научить студентов составлению уравнений тепловых и материальных балансов элементов тепловой схемы при заданных параметрах окружающей среды, виде и составу топлива, для заданной нагрузки ГТУ провести расчет параметров рабочих тел, расхода топлива, а также показателей тепловой экономичности парогазовой установки.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Расчет тепловой схемы утилизационной парогазовой тепловой электростанции.

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

Проект выполняется индивидуально, с использованием методических указаний и основной и дополнительной литературы по курсу.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 40-50 стр, содержащей следующие обязательные элементы:

1. Выбор основного оборудования парогазовой тепловой электростанции.
2. Разработка принципиальной тепловой схемы парогазовой электростанции.
3. Расчет тепловой схемы парогазовой тепловой электростанции.
 - 3.1. Расчет газотурбинной установки.
 - 3.2. Укрупненный тепловой расчет котла-утилизатора.
 - 3.3. Определение внутреннего относительного КПД и мощности ПТУ.
4. Определение технико-экономических показателей проектируемой ПГУ.

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

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-4.2	1. Осуществляет поиск и анализирует современную научно-техническую документацию по вопросам, связанным с разработками и исследованиями в области парогазовых технологий, схемы, конструкции оборудования, технико-экономические показатели ТЭС с парогазовыми блоками. 2. Способен вести дискуссию по профессиональной тематике, предложить решения по повышению эффективности ТЭС. 3. Демонстрирует навыки расчета эксплуатационных характеристик ПГУ ТЭС по заданной методике.
ПК-5.2	1. Поясняет особенности рабочего процесса в парогазовых энергетических установках. 2. Способен читать и анализировать технологические схемы ТЭС, провести теплотехнический расчет тепловой схемы ТЭС по заданной методике. 3. Демонстрирует навыки расчета парогазовых установок; конструкций и основных технических показателей оборудования.

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Отлично знает принцип работы парогазовых установок, знает перечень основного оборудования ТЭС с парогазовыми блоками, знает принцип работы каждого элемента в отдельности, отлично знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭС. Способен быстро и грамотно оценить влияние внешних условий на протекание процессов и оценить взаимное влияние процессов друг на друга. Владеет методикой теплового расчета ТЭС с ПГУ. Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией. Способен легко ориентироваться при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.

	навыками и приемами выполнения практических задач.	
4 (хорошо)	Хорошо знает принцип работы тепловой электрической станции с парогазовыми блоками, допускает незначительные ошибки при определении основного оборудования ТЭС с ПГУ. Хорошо знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭС. Способен оценить влияние внешних условий на протекание процессов и оценить взаимное влияние процессов друг на друга с допущением незначительных ошибок. Способен логично мыслить, способен системно излагать материал, излагает его, не допуская существенных неточностей. Способен эффективно применять теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускает единичные ошибки в решении проблем.	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 теплотехники. 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.
3 (удовлетворительно)	Имеет слабое представление о принципах работы тепловой электрической станции, допускает ошибки при определении основного оборудования ТЭС с ПГУ. Имеет слабое представление о сущности физических процессов, протекающих на ТЭС. Способен применить знания только основного материала, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала. Имеются затруднения с выводами. Способен к решению конкретных практических задач из числа предусмотренных рабочей программой.	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Не знает принцип работы тепловой электрической станции с парогазовыми блоками, не знает перечень основного оборудования ТЭС с ПГУ. Не знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭС. Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий.	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.

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

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 1	
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 одновальной ПГУ, преимущества и недостатки.
Курс 2	
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.

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1.

Определить параметры воздуха при сжатии в компрессоре.

Дано: Воздух, всасывается в компрессор при давлении $p_1=0,1$ МПа и температуре $t_1 = 20$ С , сжимается до давления $p_2=0,4$ МПа. Внутренний относительный КПД компрессора $\eta_{koi} = 0,85$.

Определить: 1) теоретическую работу изоэнтропийного сжатия; 2) действительную работу сжатия; 3) параметры воздуха в начале сжатия.

Задача 2.

Определить параметры воздуха при сжатии в компрессоре.

Дано: Воздух, всасывается в компрессор при давлении $p_1=0,1$ МПа и температуре $t_1 = 20$ С , сжимается до давления $p_2=0,4$ МПа. Внутренний относительный КПД компрессора $\eta_{koi} = 0,85$.

Определить: 1) параметры воздуха в конце сжатия; 2) изменение энтропии в процессе; 3) степень повышения давления.

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 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»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☒ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

В течение семестра выполняются контрольные работы;
Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором;
Время на подготовку ответа по билету 45.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Григорьева О.К., Боруш О.В.	Теплоэнергетика. Тепловая экономичность паротурбинных энергоблоков: учеб. пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2016	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=367494
Боруш О.В., Григорьева О.К.	Парогазовые установки : учебное пособие	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет	2016	https://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=367521
В. В. Барановский, Т. Ю. Короткова, Н. С. Тененик	Парогазовые энергетические установки в производстве электрической и тепловой энергии. Расчет тепловой схемы утилизационной парогазовой тепловой электростанции: учеб.- метод. 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/1665105334.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Н. Н. Гладышев, М. И. Куколев, Г. А. Морозов, И. С. Базулин	Источники тепловой и электрической энергии:: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики, С.-Петерб. политехн. ун-т .- Санкт- Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2022	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1654647114.pdf

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