

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.06

Расчет тепловых схем ТЭС

Учебный план: _____ ФГОС3++zm130401.21-2_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				
2	УП	4	6	58	4	2	Зачет
	РПД	4	6	58	4	2	
Итого	УП	4	6	58	4	2	
	РПД	4	6	58	4	2	

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 выбору основного и вспомогательного оборудования электростанций; с формированием знаний о методиках технического расчета тепловых схем ТЭС.

1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть основные схемные решения ТЭС;
- Познакомить обучающихся с особенностями энергетических процессов в теплоэнергетических системах;
- Дать информацию о программном обеспечении для решения задач проектирования и эксплуатационного анализа тепловых схем ТЭС;
- Научить разрабатывать и оптимизировать тепловые схемы;
- Продемонстрировать алгоритмы теплового расчета типовых схем ТЭС, с использованием прикладного программного обеспечения, для определения её параметров и основных технико-экономических показателей.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Парогазовые энергетические установки в производстве электрической и тепловой энергии

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

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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: Схемы тепловых электрических станций, конструкции и основные технические показатели оборудования; применение и внедрение нового оборудования для повышения эффективности производства электрической энергии.
Уметь: Применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию; математически описывать теплоэнергетические процессы.
Владеть: Методиками теплового расчета ТЭС.

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. Разработка и расчет тепловых схем ТЭЦ.	2			
Тема 1. Тепловые схемы современных ТЭЦ. Тепловые электростанции и их назначение. Комбинированная и раздельная выработка электроэнергии. Классификация тепловых электростанций. Основное и вспомогательное оборудование ТЭЦ. Разработка принципиальной схемы ТЭЦ. Выбор вариантов параметров и тепловых схем энергетических установок.		0,5	0,5	7
Тема 2. Разработка принципиальной схемы ТЭЦ. Характер и величины энергонагрузок ТЭЦ. Предварительное определение типа, числа и единичной мощности турбогенераторов и паровых котлов. Расчетные режимы для различных категорий ТЭЦ.		0,5	0,5	7
Тема 3. Методы расчета тепловой схемы ТЭЦ. Метод относительных расходов. Метод последовательных приближений. Метод расчета по заданному расходу пара в конденсатор. Расчет с использованием диаграммы режима турбины.		0,5	0,5	7
Тема 4. Построение процесса расширения пара в проточных частях турбины. Определение давления пара в отборах турбин. Построение процесса расширения пара в турбине в h-S диаграмме.		0,5	0,5	7
Тема 5. Расчет схем отпуска теплоты. Расчет РОУ. Расчет паропреобразовательной установки. Расчет паропреобразовательной установки с пароперегревателем. Расчет отпуска теплоты на отопление. Предварительная оценка расхода пара на турбину.		0,5	1	7
Тема 6. Расчет вспомогательных элементов тепловой схемы. Расширитель непрерывной продувки. Охладитель продувки. Испаритель. Конденсатор испарителя. Атмосферный деаэрактор. Охладитель эжекторов и уплотнений. Сепаратор. Пароперегреватель СПП.		0,5	1	8

Раздел 2. Составление уравнений материального баланса потоков пара и воды на ТЭЦ. Показатели тепловой экономичности ТЭЦ.			
Тема 7. Уравнения материального баланса. Материальные балансы по пару. Материальные балансы по воде. Составление и решение уравнений теплового и материального баланса подогревателей регенеративной системы. Проверка материального баланса рабочего тела в схеме. Определение расхода пара на турбину. Проверка мощности.	0,5	1	7
Тема 8. Расчет показателей тепловой экономичности ТЭЦ. Определение КПД турбоустановки по производству электроэнергии. Определение КПД блока по отпуску электроэнергии (нетто). Удельный расход топлива по отпуску электроэнергии и теплоты.	0,5	1	8
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	4	6	58
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)	0,25		
Всего контактная работа и СР по дисциплине	10,25		58

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

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

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-5.2	1. Разбирается в особенностях схем, конструкциях оборудования, вопросах размещения оборудования и устройств ТЭС, принципах работы отдельного оборудования и энергоблока в целом, сущности физических процессов, протекающих на ТЭС, влиянии внешних условий на протекание процессов, взаимном влиянии друг на друга процессов, протекающих при эксплуатации ТЭС. 2. Способен провести технико-экономические расчеты тепловых схем, определить технико-экономические показатели работы ТЭС, осуществить выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭС, исходя из требований потребителей, определить показатели эффективности, экономические показатели работы станции. 3. Демонстрирует владение программным обеспечением для расчета тепловых схем ТЭС

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, 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	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.

	задания, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами решения задач. Знает принцип работы тепловой электрической станции, знает перечень основного оборудования ТЭС, 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 методиками расчета тепловых схем источников теплоснабжения.	
Не зачтено	Не знает принцип работы тепловой электрической станции, не знает перечень основного оборудования. Не знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭС. Не способен излагать материал последовательно, допускает существенные ошибки, неуверенно с большими затруднениями выполняет практическое задание. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение.

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 2	
1	Классификация тепловых электростанций по виду отпускаемой энергии, по виду используемого топлива, по типу основных турбин для привода электрогенератора.
2	КПД тепловых электростанций, работающих на органическом топливе.
3	Основные элементы тепловой схемы ТЭС.
4	Разработка принципиальной тепловой схемы ТЭС.
5	Выбор типа, количества и единичной мощности основных агрегатов ТЭС.
6	Построение графика зависимости часового расхода тепла и температуры воды в сети от температуры наружного воздуха.
7	Построение графика тепловой нагрузки по продолжительности температур стояния среднесуточных температур наружного воздуха.
8	Методы расчета схем ТЭС. Характеристика каждого метода.
9	Последовательность расчета принципиальной тепловой схемы ТЭС.
10	Реальный и идеальный процесс расширения пара в турбине, его построение в h-s диаграмме.
11	Определение давлений и энтальпий пара в отборах турбины.
12	Редукционно-охладительная установка, ее назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.
13	Паропреобразовательная установка, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.
14	Сепараторы непрерывной продувки, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.
15	Пароструйный компрессор, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.
16	Испарительная установка.
17	Сетевая водоподогревательная установка, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.
18	Определение расход пара на турбину. Основные уравнения.
19	Определение годового расхода пара из отборов турбины. Основные уравнения.

20	Показатели тепловой экономичности ТЭС.
21	Тепловые схемы ТЭС. Развернутая тепловая схема энергоблока. Основные и вспомогательные элементы. Назначение и принцип работы.
22	Перечислите характерные режимы ТЭС, для которых производится расчет тепловой схемы.
23	Раскройте сущность расчета тепловых схем в долях расхода отбираемого пара.
24	Раскройте сущность расчета тепловых схем по предварительно заданному расходу пара в турбину.
25	Раскройте сущность расчета тепловых схем по заданному расходу пара в конденсатор.
26	Охарактеризуйте «физический» метод определения энергетических показателей ТЭЦ.

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1. Определить электрическую мощность ПТУ, $N_{э}$:

Дано: расход пара, $G=165$ кг/с; располагаемый теплоперепад, $H_0=1640$ кДж/кг; относительный внутренний КПД, $\eta_{oi}=0,79$; механический КПД, $\eta_m=0,97$; КПД электрогенератора, $\eta_{эг}=0,96$.

Задача 2. Определить абсолютный внутренний КПД ПТУ, η_i :

Дано: приведенный внутренний теплоперепад, $\dot{H}_i=1200$ кДж/кг; энтальпия перегретого пара на выходе из котла, $h_0=3620$ кДж/кг; энтальпия питательной воды на входе в котел $h_{пв}=1000$ кДж/кг.

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;
Время на подготовку ответа 30 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
В. Г. Злобин, А. А. Верхованцев	Газотурбинные установки. Методика расчета ГТУ на номинальной мощности, пониженной мощности, расчет долговечности установки: практикум	М-во науки и высшего образования РФ, С-Петербург. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики.-Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/tsuitd/1641743961.pdf
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-Петербург. 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

Т.Ю.Короткова, В.В. Барановский	Расчет тепловой схемы парогазовой ТЭЦ. Курсовое проектирование: методические указания для студентов всех форм обучения по направлениям 13.03.01, 13.04.01	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/1637189530.pdf
6.1.2 Дополнительная 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
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

Microsoft Windows 8
Microsoft Office Professional 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