

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.06** Расчет тепловых схем ТЭС

Учебный план: ФГОС3++m130401-2\_20-12.plx

Кафедра: **21** Теплосиловых установок и тепловых двигателей

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоёмкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|-------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                        | Практ.<br>занятия |                |                   |                      |                                      |
| 4                         | УП  | 12                            | 24                | 35,75          | 0,25              | 2                    | Зачет                                |
|                           | РПД | 12                            | 24                | 35,75          | 0,25              | 2                    |                                      |
| Итого                     | УП  | 12                            | 24                | 35,75          | 0,25              | 2                    |                                      |
|                           | РПД | 12                            | 24                | 35,75          | 0,25              | 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 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

Злобин В.Г.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 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:

Котельное оборудование тепловых электростанций

Парогазовые энергетические установки в производстве электрической и тепловой энергии

Теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий

Энергетические установки высокой эффективности в производстве электрической и тепловой энергии

Спецглавы термодинамики

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

|  |
|--|
| <b>ПКп-5.2: Способен к проведению технических расчетов, технико-экономического и стоимостного анализа проектных решений оборудования и технологических процессов производства тепловой и электрической энергии</b>         |
| <b>Знать:</b> схемы тепловых электрических станций, конструкции и основные технические показатели оборудования; применение и внедрение нового оборудования для повышения эффективности производства электрической энергии. |
| <b>Уметь:</b> применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию; математически описывать теплоэнергетические процессы.   |
| <b>Владеть:</b> методиками теплового расчета ТЭС.  |

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий   | Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа |               | СР<br>(часы) | Инновац.<br>формы<br>занятий | Форма<br>текущего<br>контроля |
|---|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|
|   |                           | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(часы) |              |                              |                               |
| Раздел 1. Разработка и расчет тепловых схем ТЭЦ.  | 4                         |                   |               |              |                              | 3                             |
| 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. |                           | 1                 | 3             | 4            |                              |                               |
| 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 категории ТЭЦ.  |                           | 1                 | 3             | 4            |                              |                               |
| 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.   |                           | 1                 | 3             | 4            |                              |                               |
| 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.  |                           | 1                 | 3             | 4            |                              |                               |
| 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.  |                           | 1                 | 3             | 4            |                              |                               |

|   |  |       |    |       |  |   |
|---|--|-------|----|-------|--|---|
| Тема 6. Расчет вспомогательных элементов тепловой схемы. Расширитель непрерывной продувки. Охладитель продувки. Испаритель. Конденсатор испарителя. Атмосферный деаэратор. Охладитель эжекторов и уплотнений. Сепаратор. Пароперегреватель СПП.   |  | 2     | 3  | 6     |  |   |
| 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. |  | 2     | 3  | 4     |  | T |
| 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.   |  | 3     | 3  | 5,75  |  |   |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)   |  | 12    | 24 | 35,75 |  |   |
| Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)   |  | 0,25  |    |       |  |   |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>   |  | 36,25 |    | 35,75 |  |   |

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 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   |
|-----------------|--|--|
| ПКп-5.2         | <p>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.</p> <p>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.</p> <p>3. Демонстрирует владение программным обеспечением для</p> | <p>1. Вопросы устного собеседования.</p> <p>2. Практико-ориентированные задания.</p> |

**5.1.2 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 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. | 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. |
| 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.  |

**5.2 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 4 |  |
| 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-охлаждающая 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.  |

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Задача 1. Определить электрическую мощность ПТУ, Nэ:

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,  $\eta_i$ :

Дано: приведенный внутренний теплоперепад,  $\hat{h}_i=1200$  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.

### 5.3 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

Время на подготовку ответа по билету 30.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

| Автор  | Заглавие   | Издательство  | Год издания | Ссылка  |
|--|--|---|-------------|---|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b>       |  |   |             |   |
| Русина А. Г., Филиппова Т. А.                  | Режимы электрических станций и электроэнергетических систем        | Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет                          | 2014        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/45157.html">http://www.iprbookshop.ru/45157.html</a>               |
| Губарев А. В.                                  | Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий           | Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ | 2013        | <a href="http://www.iprbookshop.ru/28379.html">http://www.iprbookshop.ru/28379.html</a>               |
| <b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b> |  |   |             |   |
| В.А. Суслов [и др.]                            | Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС [Текст]: учебное пособие | М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП                                     | 2015        | <a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf</a> |

## 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 |