



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.03.01**  
 (индекс дисциплины)

Расчет тепловых схем источников электрической и тепловой энергии  
 (Наименование дисциплины)

Кафедра	<b>21</b> Код	Теплосиловых установок и тепловых двигателей (Наименование кафедры)
Направление подготовки:	13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРGETИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА	
Профиль подготовки:	Технология производства электрической и тепловой энергии	
Уровень образования:	Магистратура	

### План учебного процесса

Составляющие учебного плана		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)</b>	Всего	72		72
	Аудиторные занятия	28		12
	Лекции	0		0
	Лабораторные занятия	0		0
	Практические занятия	28		12
	Самостоятельная работа	44		56
	Промежуточная аттестация	0		4
<b>Формы контроля по семестрам (номер семестра)</b>	Экзамен			
	Зачёт	2		2
	Контрольная работа			2
	Курсовой проект (работа)			
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		2		2
<b>Семестр</b>		2		2

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования

по направлению подготовки 13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

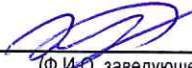
На основании учебных планов № м130401-1, zm 130401

Кафедра-разработчик: Теплосиловых установок и тепловых двигателей  
(наименование кафедры)


Заведующий кафедрой:  Коновалов П.Н.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой:  Коновалов П.Н.  
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел:

 Смирнова В.Г.  
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. 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.

## 1.3. 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;
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новые знания и умения.

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ПК-2	способностью к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования.	1
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) методику теплового расчета по определению технико-экономических показателей ТЭС; 2) основы алгоритмизации теплотехнических расчетов сложных теплоэнергетических систем ориентируясь на широко распространенные информационные системы MicrosoftExcel и MathCAD. Уметь: 1) использовать программное обеспечение для расчета тепловых схем ТЭС; 2) математически описывать теплоэнергетические процессы, разрабатывать и оптимизировать алгоритмы для их реализации. Владеть: 1) современными проблемами развития источников тепловой и электрической энергии; 2) методологией расчета и проектирования тепловых схем ТЭС, обеспечивающей повышение энергоэффективности теплоэнергетического оборудования.		

## 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Дисциплина базируется на компетенциях, сформированных на предыдущем уровне образования

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Разработка и расчет тепловых схем ТЭЦ.</b>			
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.	4		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.	6		6
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.	6		6
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.	6		6
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.	6		6
Тема 6. Расчет вспомогательных элементов тепловой схемы. Расширитель непрерывной продувки. Охладитель продувки. Испаритель. Конденсатор испарителя. Атмосферный деаэрактор. Охладитель эжекторов и уплотнений. Сепаратор. Пароперегреватель СПП.	6		6
<b>Текущий контроль 1. расчетное задание</b>	2		-
<b>Учебный модуль 2. Составление уравнений материального баланса потоков пара и воды на ТЭЦ. Показатели тепловой экономичности ТЭЦ</b>			
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.	16		16
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.	14		14
<b>Текущий контроль 2. расчетное задание</b>	2		-
<b>Текущий контроль 2. контрольная работа</b>	-		4
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине зачет</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>72</b>		<b>72</b>

## 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

### 3.1. Лекции

Не предусмотрено

### 3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	Экономическая эффективность и экономические показатели конденсационной тепловой электростанции	2	2			2	1

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Составление принципиальной тепловой схемы ТЭЦ	2	2			2	1
3	Расчет принципиальной тепловой схемы ТЭЦ	2	5			2	2
4	Построение процесса расширения пара в турбине в h-S диаграмме.	2	5			2	2
5	Расчет характеристик низкопотенциального комплекса электростанции	2	4			2	2
6	Расчет вспомогательных элементов тепловой схемы	2	8			2	2
7	Составление и решение уравнений теплового и материального баланса подогревателей регенеративной системы.	2	1			2	1
8	Расчет показателей тепловой экономичности ТЭЦ	2	1			2	1
<b>ВСЕГО:</b>			<b>28</b>				<b>12</b>

### 3.3. Лабораторные занятия

Не предусмотрено

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Не предусмотрено

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Расчетное задание	2	2			2	-
1,2	Контрольная работа	2	-			2	1

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	2	10			2	16
Подготовка к практическим занятиям	2	30			2	36
Выполнение контрольной работы	2	-			2	4
Подготовка к зачету	2	4			2	4
<b>ВСЕГО:</b>		<b>44</b>				<b>60</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Не предусмотрено

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Под ред. В.М. Лебедева. Источники и системы теплоснабжения предприятий [Электронный ресурс]: учебник/ под ред. В.М. Лебедева.— Электрон, текстовые данные.— Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут) 2013 г. 384 стр.— Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/173418>.— ЭБС «КнигаФонд».

#### б) дополнительная учебная литература

2. Сазанов Б.В. Промышленные теплоэнергетические установки и системы [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Сазанов Б.В., Ситас В.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 275 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33215>.— ЭБС «IPRbooks».

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

3. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Трухний А.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2013.— 648 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33207>.— ЭБС «IPRbooks».

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Издательский дом МЭИ [Электронный ресурс] URL: [publish@mpei.ru](mailto:publish@mpei.ru), [publishers.ru](http://publishers.ru).
2. Электронная библиотека «КнигаФонд» [Электронный ресурс] URL: [www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru).
3. Электронная библиотека «IPRbooks» [Электронный ресурс] URL: <http://www.iprbookshop.ru>.

### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1.
2. Microsoft Office Professional 2013.
3. PTC Mathcad 15

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Компьютерный класс
2. Кабинет макетов ТЭЦ, АЭС, ПТУ, ГПС
3. Макеты элементов турбин и компрессоров.
4. Натурные образцы элементов проточных частей турбин.

### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

1. Демонстрационные, раздаточные материалы.
2. Каталоги энергетического оборудования.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Практические занятия	Работа с конспектом занятий, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Анализ заданий на расчетные работы, решение задач по алгоритмам указанных работ, анализ полученных результатов, формулировка выводов и др.
Самостоятельная работа	Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях путем самостоятельной проработки учебно-методических материалов по дисциплине и другим источникам информации; выполнения практических работ; а также подготовки к зачету.

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
	Для выполнения требуемых расчетных заданий и при подготовке к зачету необходимо проработать конспекты практических занятий, рекомендуемую литературу, каталоги энергетического оборудования, , продумать ответы на возможные вопросы преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ПК- 2 (1)	<p>1. Разбирается в особенностях схем, конструкциях оборудования, вопросах размещения оборудования и устройств ТЭЦ, принципах работы отдельного оборудования и энергоблока в целом, сущности физических процессов, протекающих на ТЭЦ, влиянии внешних условий на протекание процессов, взаимном влиянии друг на друга процессов, протекающих при эксплуатации ТЭЦ.</p> <p>2. Способен провести технико-экономические расчеты тепловых схем, определить технико-экономические показатели работы ТЭЦ, осуществить выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭЦ, исходя из требований потребителей, определить показатели эффективности, экономические показатели работы станции.</p> <p>3. Демонстрирует владение программным обеспечением для расчета тепловых схем ТЭЦ.</p>	<p>1. Устное собеседование</p> <p>2. Типовое практическое задание</p>	<p>1. Перечень вопросов к зачету (20 вопросов)</p> <p>2. Перечень практических заданий (10 задач)</p>

#### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

##### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
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 ТЭЦ, знает принцип работы каждого элемента в отдельности, отлично знает сущность физических процессов, протекающих на ТЭЦ. 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 ТЭЦ. 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.

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

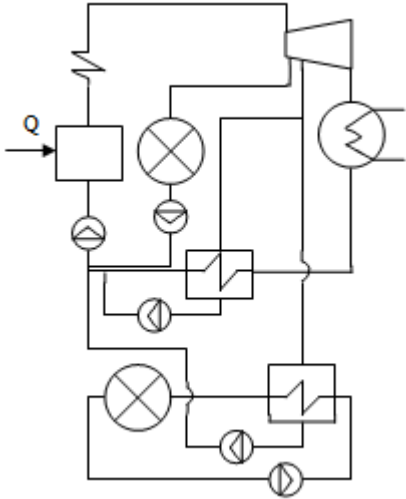
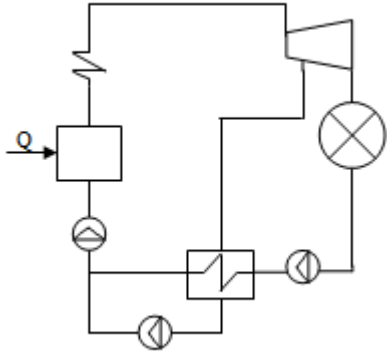
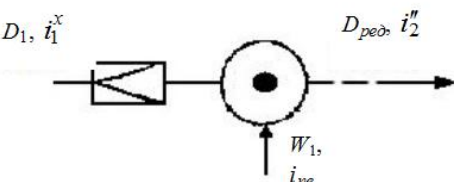
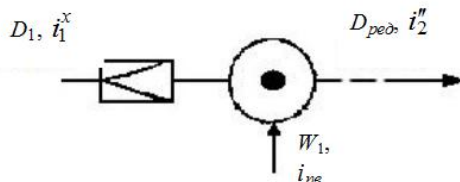
### 10.2.1. Перечень вопросов к зачету, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Классификация тепловых электростанций по виду отпускаемой энергии, по виду используемого топлива, по типу основных турбин для привода электрогенератора.	1
2	КПД тепловых электростанций, работающих на органическом топливе.	1
3	Основные элементы тепловой схемы ТЭЦ.	1
4	Разработка принципиальной тепловой схемы ТЭЦ	1
5	Выбор типа, количества и единичной мощности основных агрегатов ТЭЦ	2
6	Построение графика зависимости часового расхода тепла и температуры воды в сети от температуры наружного воздуха.	2
7	Построение графика тепловой нагрузки по продолжительности температур стояния среднесуточных температур наружного воздуха.	2
8	Методы расчета схем ТЭЦ. Характеристика каждого метода	3
9	Последовательность расчета принципиальной тепловой схемы ТЭЦ.	3
10	Реальный и идеальный процесс расширения пара в турбине, его построение в h-s диаграмме.	4
11	Определение давлений и энтальпий пара в отборах турбины.	4
12	Редукционно-охладительная установка, ее назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.	5
13	Паропреобразовательная установка, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.	5
14	Сепараторы непрерывной продувки, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.	6
15	Пароструйный компрессор, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.	6
16	Испарительная установка	6
17	Сетевая водоподогревательная установка, назначение, связь с другими элементами схемы, материальный и тепловой баланс.	6
18	Определение расход пара на турбину. Основные уравнения.	7
19	Определение годового расхода пара из отборов турбины. Основные уравнения.	7
20	Показатели тепловой экономичности ТЭЦ	8

### 10.2.2. Вариант типовых заданий, разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых заданий	Ответ
1	Определить в приведенной схеме тип используемой турбины. <u>Дано:</u> А) Турбина с противодавлением; Б) Теплофикационная турбина; В) Конденсационная турбина;	Г)



	<p>Г) Турбина с двумя регулируемыми отборами пара на производство и теплофикацию.</p> 	
<p>2</p>	<p>Определить в приведенной схеме тип используемой турбины.  <u>Дано:</u>          А) Турбина с противодавлением;          Б) Теплофикационная турбина;          В) Конденсационная турбина;          Г) Турбина с двумя регулируемыми отборами пара на производство и теплофикацию.</p> 	<p>А)</p>
<p>3</p>	<p>Составить уравнение теплового баланса РОУ  <u>Дано:</u> Схема РОУ</p> 	<p>Решение:  <math display="block">D_1 \cdot i_1^x + W_1 \cdot i_{нс} = D_{ред} \cdot i_2''</math></p>
<p>4</p>	<p>Определить расход редуцированного пара  <u>Дано:</u> <math>D_1 = 8,5</math> кг/с; <math>P_2 = 0,118</math> МПа; <math>t_2 = 104^\circ\text{C}</math>; <math>i_2'' = 2680</math> кДж/кг, <math>i_1^x = 2770</math> кДж/кг.</p> 	<p>Решение:  <math display="block">D_1 \cdot i_1^x + W_1 \cdot i_{нс} = D_{ред} \cdot i_2''</math> <math display="block">W_1 = \frac{8,5(2770 - 2680)}{2680 - 4,19 \cdot 104} = 0,33 \text{ кг/с}</math> <math display="block">D_{ред} = 8,5 + 0,33 = 8,83 \text{ кг/с}</math> <p>Ответ: 8,83 кг/с</p> </p>

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

**10.3.3. Особенности проведения зачета**

- Возможность пользоваться калькулятором;
- Время на подготовку ответа на зачете 20 минут.