

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра строительства,
теплоэнергетики
и транспорта

**Б1.В.ДВ.02.01 ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*Методические указания к самостоятельной работе
по направлению подготовки
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата),
профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»*

Мурманск
2020

Составитель – Пантеев Сергей Петрович, старший преподаватель кафедры строительства, теплоэнергетики и транспорта Мурманского государственного технического университета, Покоев Владимир Иванович, специалист АО «Мурманэнергосбыт».

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой строительства, теплоэнергетики и транспорта

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.	6
ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ.....	9

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания составлены на основе рабочей программы по дисциплине «Тепловые схемы теплоэнергетических установок», которая составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 № 143 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата)», учебного плана в составе ОПОП по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленности (профилю) «Энергообеспечение предприятий», 2019 года начала подготовки.

Целью дисциплины «Тепловые схемы теплоэнергетических установок» является формирование компетенций в соответствии с ФГОС по направлению подготовки бакалавра и учебным планом для направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленности (профилю) «Энергообеспечение предприятий».

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- приобретение обучающимися знаний в области создания тепловых схем теплоэнергетических установок; привить практические навыки расчета схем и показателей их работы;
- сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанные с разработкой проектных решений по выбору основного и вспомогательного оборудования ТЭС, ТЭЦ и котельных; с формированием знаний о методиках технического расчета тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных создание фундамента для усвоения профилирующих дисциплин специальности; развитие навыков и умения творческого использования знаний при решении конкретных задач в области теплоэнергетики..

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- Основные разновидности и отличительные расчетные признаки тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных..

Уметь:

- производить анализ тепловой схемы, выделить в схеме характерные особенности, определяющие требования к методам её расчета
- использовать требуемый метод расчета и оптимизации тепловой схемы и отдельного теплотехнического оборудования теплоэнергетических и технологических установок..

Владеть:

- теоретическими основами рабочих процессов протекающих в элементах тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных.
- современными методиками расчета тепловых схем, энергетических показателей паротурбинных установок с применением компьютерных и информационных технологий.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата):

Таблица 1 – Результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Индикаторы сформированности компетенций
1	ПК-1 Способен к разработке схем размещения объектов профессиональной деятельности (ОПД) в соответствии с	Компетенция реализуется полностью	ИПК-1.1 Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства ИПК-1.2 Соблюдает правила

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Индикаторы сформированности компетенций
	технологией производства.		<p>технологической дисциплины при эксплуатации ОПД</p> <p>Знать: Основные разновидности и отличительные расчетные признаки тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных.</p> <p>Уметь: Провести анализ тепловой схемы, выделить в схеме характерные особенности, определяющие требования к методам её расчета Использовать требуемый метод расчета и оптимизации тепловой схемы и отдельного теплотехнического оборудования теплоэнергетических и технологических установок. Представления о современных методиках расчета тепловых схем, энергетических показателей паротурбинных установок с применением компьютерных и информационных технологий: программ Water Steam Pro, Mat</p> <p>Владеть: теоретическими основами рабочих процессов протекающих в элементах тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных.</p>
2	ПК-1 Способен к разработке схем размещения объектов профессиональной деятельности (ОПД) в соответствии с технологией производства.	Компетенция реализуется полностью	<p>ИПК-1.1 Участвует в разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства</p> <p>ИПК-1.2 Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД</p> <p>Знать: Основные разновидности и отличительные расчетные признаки тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных.</p> <p>Уметь: Провести анализ тепловой схемы, выделить в схеме характерные особенности, определяющие требования к методам её расчета Использовать требуемый метод расчета и оптимизации тепловой</p>

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Индикаторы сформированности компетенций
			<p>схемы и отдельного теплотехнического оборудования теплоэнергетических и технологических установок. Представления о современных методиках расчета тепловых схем, энергетических показателей паротурбинных установок с применением компьютерных и информационных технологий: программ Water Steam Pro, Mat</p> <p>Владеть:</p> <p>теоретическими основами рабочих процессов протекающих в элементах тепловых схем ТЭС, ТЭЦ и котельных.</p>

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
ВВЕДЕНИЕ	2		2	2				2				7
1. Циклы тепловых и атомных электростанций	2		2	3	1			6	1		1	10
2. Классификация тепловых схем	2		2	3	1		1	6	1		1	7
3. Правила выполнения тепловых схем	4		4	3	1		2	6	1			7
4. Тепловые схемы тэс												7
4.1. Тепловые схемы ТЭЦ	2		2	3	1		1	6	1			9
4.2. Когенерация. Тепловые схемы ТЭЦ	2		2	3	1		2	6	1			8
4.3. Технологические схемы ТЭС	2		2	3	2		2	6			1	8
4.4. Тепловые схемы ПГУ	2		2	5	1		2	6	1			10
4.5. Компоновочные схемы ТЭС	2		2	3	1		1	6			1	8
4.6. Разработка тепловой схемы ТЭС	4		4	5	2		2	6	1			10
5. Тепловые схемы котельных	2		2	3	1		1	6	1		1	8
6. Схемы теплоснабжения поселений	2		2	3	2		2	6	1		1	10
7. Схемы современных тепловых пунктов	4		4	5	2		2	6	1			10
ИТОГО	32		32	44	16		18	74	10		6	119

ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Стерман, Л. С. Тепловые и атомные электрические станции : учеб. для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. - Изд. 3-е, перераб. - Москва : Изд-во МЭИ, 2004. - 422, [1] с. : ил. - ISBN 5-7046-0999-6 : 475-00. 31.37 - С 79 (количество экземпляров – 5).
2. Васильченко, Ю. В. Промышленные тепловые электростанции : учебное пособие / Ю. В. Васильченко, А. В. Губарев. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. — 180 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/80438.html> (дата обращения: 16.01.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
3. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов / Е. Я. Соколов. - 9-е изд., стер. - М. : Изд-во МЭИ, 2009. - 471 с. : ил. (количество экземпляров -19).
4. Варфоломеев, Ю. М. Отопление и тепловые сети : учеб. для сред. спец. заведений / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин. - Изд. испр. - Москва : Инфра-М, 2008. - 479, [1] с. : ил. - (Серия "Среднее профессиональное образование"). - Библиогр.: с. 477-480. - ISBN 978-5-16-002270-3 : 325-00.38.76 - В 18, (количество экземпляров - 1).
5. ГОСТ 21.602-2003 Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования
6. ГОСТ 21.705-2016 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации тепловых сетей
7. ГОСТ 2.701-84 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
8. СТО 17330282.27.060.003-2008 Тепловые пункты тепловые сети. Условия создания. Нормы и требования

Дополнительная литература

9. Энергетическое оборудование для тепловых электростанций и промышленной энергетики: Номенклатурный каталог 08-03 (часть 3), 09-03 (часть 4) / авт.-сост. и ред. Н. Н. Бакланова, Г. Р. Побережский, Т. В. Сергеева ; ЦНИИТЭИтяжмаш. - Москва : Изд-во ЦНИИТЭИтяжмаш, 2003. - 58 с. - 672-00. 31.37 - Э 65 (количество экземпляров – 1).
10. Энергетическое оборудование для тепловых электростанций и промышленной энергетики: Номенклатурный каталог 07-03: (Дополнение к каталогу 07-03 Ч. 2 по сост. на 01.11.03 г.) / авт.-сост. и ред. Н. Н. Бакланова, Г. Р. Побережский, Т. В. Сергеева ; ЦНИИТЭИтяжмаш. - Москва : Изд-во ЦНИИТЭИтяжмаш, 2003. - 27 с. - 672-00. 31.37 - Э 65 (количество экземпляров – 1).

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ

Тема 1. Циклы тепловых и атомных электростанций

Основные способы получения электрической энергии. Циклы тепловых станций. Назначение и принцип работы основного энергетического оборудования электростанций. Упрощенная схема конденсатора. Схема циркуляции охлаждающей воды. Схема теплоэлектроцентрали. Схема газотурбинной установки. Схема одноконтурной АЭС. Схема двухконтурной АЭС

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите способы получения электрической энергии.
2. Назовите основные процессы цикла Ренкина и перечислите устройства, где они протекают.
3. Конденсационный цикл и теплофикационный цикл.
4. Назовите параметры перегрева пара на современных ТЭС.
5. Опишите устройство конденсатора тепловой станции.
6. Структурная схема и параметры в основных точках тепловой схемы ТЭЦ.
7. Одноконтурная и двухконтурная схема АЭС.

Литература: [1], [2]

Тема 2. Классификация схем

Виды схем. Типы схем. Принципиальная тепловая схема. Полная (развернутая) тепловая схема. Расчетная принципиальная тепловая схема.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите виды схем тепловых установок.
2. Перечислите типы схем тепловых установок.
3. Состав полной тепловой схемы.
4. Назначение и состав расчетной схемы.

Литература: [5], [6], [7], [8]

Тема 3. Правила выполнения тепловых схем

Общие требования к схемам. Обозначение направлений рабочей среды. Форма и размеры условных графических обозначений. Компоновка элементов тепловых схем на формах. Условные графические обозначения (УГО) элементов в тепловых схемах. Буквенно-цифровые позиционные обозначения элементов тепловых схем. Составление перечня элементов тепловой схемы. Условные обозначения рабочей среды в тепловой схеме. Текстовая информация на схемах. Заполнение основной надписи тепловой схемы. Структура обозначения конструкторского документа. Структура классификационной характеристики.

Вопросы для самопроверки:

1. Каким документом устанавливаются общие правила выполнения схем тепловых установок и энергетических сооружений?
2. Основные правила компоновки элементов тепловых схем.
3. Перечислите нормативные документы, устанавливающие УГО элементов в тепловых

схемах.

4. Правила образования буквенно-цифровых обозначений тепловых схем.
5. Правила и принципы составления перечня элементов схем.
6. Основная надпись тепловой схемы.
7. Каким документом определяется код классификационной характеристики?

Литература: [5], [6], [7], [8]

Тема 4. Тепловые схемы ТЭС

Принципиальная тепловая схема ТЭС. Упрощенная (принципиальная) тепловая схема теплоэнергетической установки, работающей на угле. Полная тепловая схема (ПТС). Тепловые схемы КЭС. Типичные тепловые схемы паротурбинных конденсационных установок на органическом топливе без промежуточного перегрева пара и с промежуточным перегревом.

Принципиальная тепловая схема энергоблока К-800-240. Когенерация. Тепловые схемы ТЭЦ. Схемы ТЭЦ на органическом топливе с турбиной с противодавлением и с турбиной с регулируемым отбором пара. Схема отпуска теплоты от турбины типа Т. Принципиальная тепловая схема энергоблока ПТ-140/165-130/15.

Технологические схемы ТЭС. Технологическая схема ТЭС, работающей на углях. Система пылеприготовления. Топливный тракт.

Принципиальная схема ГТУ (простая ГТУ открытого типа). Цикл ГТУ со сгоранием при $P=\text{const}$ в T,s -диаграмме. Основные преимущества газотурбинных установок. Тепловые схемы и циклы парогазовых установок. Принципиальная тепловая схема ПГУПГ. Идеальный цикл и тепловая схема ПГУПГ. ПГУ с котлом – утилизатором.

Простейшая тепловая схема ПГУ с КУ. Принципиальная тепловая схема ПГУКУ. Высокотемпературные ПГУ. Принципиальная тепловая схема ПГУВПГ. Парогазовые установки с подогревателями питательной воды (ПГУВП). Принципиальная тепловая схема ПГУПВ. ПГУ с дожиганием топлива в среде выходных газов ГТУ на входе КУ.

Принципиальная тепловая схема ПГУ с дожиганием. ПГУ сбросного типа. Принципиальная схема и теплосилового цикла сбросной ПГУ. Компонентные схемы ТЭС. Компонентная схема энергоблока пылеугольной электростанции. Упрощенная компонентная схема газомазутной электростанции.

Разработка тепловой схемы ТЭС. Этапы разработки тепловой схемы ТЭС. Определение типа (КЭС, ТЭЦ) и мощности станции. Выбор цикла и начальных параметров. Выбор типа, количества, единичной мощности турбоагрегатов или блоков. Разработка и составление принципиальной тепловой схемы. Расчет принципиальной тепловой схемы. Составление уравнений тепловых балансов. Показатели тепловой экономичности станции. Удельная себестоимость электрической или тепловой энергии. Упрощенные методы расчета принципиальной тепловой схемы. Метод с использованием коэффициента ценности теплоты. Метод с использованием коэффициента изменения мощности.

Выбор основного и вспомогательного оборудования. Выбор расширителей непрерывной продувки. Выбор подогревателей схемы регенерации. Выбор деаэраторов питательной воды (основных, повышенного давления). Выбор оборудования конденсационной установки. Выбор питательных насосов. Выбор оборудования дополнительного запаса обессоленной воды, дренажных баков, баков слива. Выбор баков запаса обессоленной воды. Выбор оборудования подпитки котлов. Выбор деаэраторов подпитки котлов. Выбор насосов подпитки котлов. Выбор оборудования теплофикационных установок ТЭЦ. Выбор подогревателей сетевой воды. Выбор конденсатных насосов сетевых подогревателей. Выбор сетевых насосов. Определение производительности ХВО и выбор оборудования подогрева сырой воды на ХВО. Производительность ХВО для ГРЭС и отопительных ТЭЦ.

Выбор системы и оборудования технического водоснабжения. Принципиальная схема технического водоснабжения при прямоточной системе (для неблочных ТЭС). Определение

потребности ТЭС в технической воде и выбор числа и производительности циркуляционных насосов. Схе-ма обратного водоснабжения. Схема баланса воды при кон-денсационном режиме работы турбины при прямоточной системе водоснабжения. Прямоточное водоснабжение. Обо-ротное водоснабжение. Выбор насосов добавочной воды. Выбор сетевых насосов.

Составление полной (развернутой) тепловой схемы. Требования к главным трубопроводам. Схемы главных трубопроводов станции. Схема с одиночной сборкой. Схема с двойной сборкой. Секционная схема с переключательной магистралью. Блочная схема. Принципиальная тепловая схема теплоподготовительной установки ТЭЦ на органическом топливе с турбинами типа ПТ. Принципиальная тепловая схема теплоподготовительной установки ТЭЦ на органическом топливе с турбинами типа Т. Принципиальная схема водогрейной котельной.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные элементы тепловой схемы ТЭС.
2. Отличие тепловой схемы ТЭЦ от тепловой схемы КЭС.
3. Дайте пояснения по принципиальной схеме энергоблока К-800-240.
4. Дайте пояснения по тепловой схеме КЭС.
5. Дайте пояснения по схеме ТЭЦ на органическом топливе с турбиной с противодавлением и с турбиной с регулируемым отбором пара.
6. Дайте пояснения по принципиальной схеме энергоблока ПТ-140/165-130/15.
7. Перечислите основные преимущества газотурбинных установок.
8. Дайте пояснения по принципиальной тепловой схеме ПГУКУ.
9. Дайте пояснения по принципиальной тепловой схеме ПГУПВ.
10. Дайте пояснения по принципиальной тепловой схеме ПГУ с дожиганием топлива в среде выходных газов ГТУ на входе КУ.
11. Компоновочные схемы ТЭС.
12. Перечислите этапы разработки тепловой схемы ТЭС.
13. Порядок выбора основного и вспомогательного оборудования ТЭС.
14. Дайте пояснения по принципиальной тепловой схеме теплоподготовительной установки ТЭЦ на органическом топливе с турбинами типа Т.

Литература: [1], [2], [7]

Тема 5. Тепловые схемы котельных

Классификация котельных. Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной. Принципиальная тепловая схема паровой котельной. Схемы водяных систем теплоснабжения: закрытые, открытые. Закрытая двухтрубная водяная система.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте классификацию котельных.
2. Дайте пояснения по принципиальной тепловой схеме водогрейной котельной.
3. Дайте пояснения по принципиальной тепловой схеме паровой котельной.
4. Дайте определение и перечислите особенности закрытой системы теплоснабжения.
5. Недостатки и достоинства открытой системы теплоснабжения.
6. Перечислите все виды схем теплоснабжения (с учетом ГВС).

Литература: [4]

Тема 6. Схемы теплоснабжения поселений

Закрытые водяные системы теплоснабжения. Достоинства и недостатки. Способы присоединения потребителей к закрытым системам теплоснабжения. Открытые водяные системы теплоснабжения. Достоинства и недостатки. Способы присоединения потребителей к открытым системам теплоснабжения. Паровые системы теплоснабжения. Достоинства и недостатки. Способы присоединения потребителей к паровым системам теплоснабжения. Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения. Основные преимущества воды как теплоносителя по сравнению с паром.

Вопросы для самопроверки

1. Как системы теплоснабжения классифицируются по виду теплоносителя?
2. Как системы теплоснабжения классифицируются по виду присоединения потребителей к тепловой сети?
3. Как классифицируются системы теплоснабжения по основному способу присоединения потребителей горячего водоснабжения к тепловой сети? Преимущества и недостатки
4. Как классифицируются системы теплоснабжения по основному способу присоединения систем отопления?
5. Каковы преимущества и недостатки струйного смесителя (элеватора) в узле присоединения отопительной установки к водяной тепловой сети?
6. В чем состоят особенности простых и изолированных систем теплоснабжения?
7. В чем заключается недостаток однотрубных систем теплоснабжения?
8. Укажите пути совершенствования системы сбора и возврата конденсата?
9. Для каких целей в промышленности может использоваться водяной пар?
10. В каком случае целесообразно использование пара в системах отопления вместо горячей воды?
11. Каким основным принципом следует руководствоваться при выборе теплоносителя?
12. На какие расстояния возможна подача горячей воды и пара?
13. Каковы основные недостатки использования пара в качестве теплоносителя?
13. Каковы основные преимущества использования горячей воды в качестве теплоносителя?

Литература: [3], [4]

Тема 7. Схемы современных тепловых пунктов

Присоединение систем отопления, присоединение систем отопления с учетом распределения давления в тепловой сети. Присоединение систем горячего водоснабжения. Присоединение систем вентиляции.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите виды схем присоединения систем отопления к тепловым сетям, их достоинства и недостатки.
2. Перечислите виды схем присоединения систем горячего водоснабжения к тепловым сетям, их достоинства и недостатки.
3. Каким образом допускается присоединение систем вентиляции к тепловым сетям? Чем определяется схема присоединения?
4. Каким нормативным документом регламентируется присоединение систем потребления теплоты к тепловым сетям?

Литература: [3], [4], [5]