

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.06 ИСТОЧНИКИ И СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

*Методические указания к самостоятельной работе  
по направлению подготовки*

*13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата), профиль подготовки  
«Энергообеспечение предприятий»*

Мурманск  
2020

Составитель – Куренков В.В., старший преподаватель кафедры строительства теплоэнергетики и транспорта.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой строительства, теплоэнергетики и транспорта

В методических указаниях излагаются вопросы, связанные с теплофикацией, классификацией тепловых нагрузок, системами теплоснабжения, устройствами, режимами работы, основными параметрами и характеристиками источников теплоснабжения. Рассмотрены тепловые схемы теплоэлектроцентралей и котельных, а также необходимые сведения о паровых и водяных системах теплоснабжения, присоединения абонентов к тепловым сетям. Рассматриваются режимы регулирования систем централизованного теплоснабжения, методики гидравлического расчета тепловых сетей и сведения об оборудовании тепловых сетей.

*Электронное издание подготовлено в авторской редакции*

Мурманский государственный технический университет  
183010, Мурманск, ул. Спортивная д. 13 тел. (8152) 25-40-72  
Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_ Заказ \_\_\_\_\_

## ОГЛАВЛЕНИЕ

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

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания к самостоятельным работам составлены 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.

### **Цель дисциплины:**

- формирование профессиональных знаний, необходимых для овладения технологией производства, транспорта и потребления тепловой энергии в различных системах теплоснабжения промышленных и муниципальных предприятий.

### **Задачи дисциплины:**

- Формирование знаний студентов в области теплоснабжения и оборудования источников теплоснабжения, тепловых сетей и подстанций.
- Изучение методик расчета и выбора основного оборудования источников теплоснабжения и тепловых сетей,
- Изучение методов экономии тепловой энергии в процессе эксплуатации систем теплоснабжения

### **В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

#### **Знать:**

- назначение, структуру, классификацию источников и систем теплоснабжения предприятий;
- тепловые схемы источников и систем теплоснабжения предприятий и их расчет;
- энергетические, экономические и экологические характеристики котельных и теплоэлектростанций;
- методы выбора основного и вспомогательного оборудования;
- методы определения потребности потребителей в паре и горячей воде;
- методы определения расчетного расхода воды и пара;
- методы регулирования отпуска тепла из систем централизованного теплоснабжения;
- методы тепловых и прочностных расчетов элементов тепловых сетей.

#### **Уметь:**

- выполнять гидравлический расчет паропроводов, водопроводов и конденсатопроводов;
- выполнять гидравлический режим тепловых сетей;
- осуществлять выбор оборудования тепловой сети;
- выполнять тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей;
- расчет тепловых схем, выбор режима работы утилизационных установок параллельно с заводскими и районными котельными, ТЭЦ и конденсационными электрическими станциями;

#### **Владеть:**

- владеть методикой составления и расчета тепловых схем ТЭЦ;
- методикой теплового расчета, определением тепловых потерь и коэффициента эффективности тепловой изоляции, толщины теплоизоляционного слоя;
- методикой расчета технико-экономических показателей теплоснабжающих систем, определения капитальных затрат в объектах теплоснабжающих систем;
- методикой выбора схемы энергоснабжения района, определения оптимального коэффициента теплофикации ТЭЦ.

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

**Таблица 1 – Результаты обучения**

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

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Таблица 2 - Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения											
	Очная				Очно- заочная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
<b>Тема 1. ВВЕДЕНИЕ.</b> Основные понятия. Энергетическая эффективность теплофикации. Предмет и содержание курса. Назначение и область применения источников и систем теплоснабжения предприятий.	2	-	4	2	2	-	2	9	1	-	-	10
<b>Тема 2. ТЕПЛОВАЯ НАГРУЗКА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ.</b> Классификация тепловой нагрузки. Методы расчета норм расхода тепла на отопление, вентиляцию и ГВС по укрупненным показателям. Расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции и с инфильтрацией по подробной методике. Определение добавочных тепловых потерь из зданий и сооружений. Определение годовых расходов тепла на отопление, вентиляцию и ГВС. График продолжительности тепловой нагрузки. Его назначение и принцип построения.	14	-	12	8	4	-	6	11	1	-	4	22
<b>Тема 3. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.</b> Классификация систем теплоснабжения.	4	-	-	6	2	-	-	9	1	-	-	20
<b>Тема 4. КЛАССИФИКАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ. ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ КОТЕЛЬНЫХ.</b> Классификация центральных котельных. Тепловая схема водогрейной котельной. Тепловые схемы паровых производственных котельных. Тепловые схемы паро-водогрейных (комбинированных) центральных котельных.	4	-	-	4	2	-	-	9	-	-	-	20
<b>Тема 5. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ КОТЕЛЬНОЙ.</b> Тепловой расчет водогрейной котельной. Тепловой расчет паровой котельной.	4	-	12	5	2	-	4	9	1	-	2	10
<b>Тема 6. ОСНОВНОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ.</b> Выбор основного оборудования центральных котельных. Выбор вспомогательного оборудования центральных котельных	6	-	-	5	2	-	-	9	-	-	-	15

<b>Тема 7. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЭЦ. ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ ТЭЦ.</b> Назначение и типы ТЭЦ. Классификация ТЭЦ по структуре тепловой схемы. Принципиальная тепловая схема теплоэлектроцентрали с турбиной с противодавлением, с производственным и теплофикационным (отопительным) отборами пара.	6	-	4	3	2	-	2	9	1	-	2	10
<b>Тема 8. ОСНОВНОЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.</b> Выбор основного оборудования тепловых электрических станций. Выбор вспомогательного оборудования тепловых электрических станций.	4	-	2	8	2	-	2	7	-	-	-	20
<b>Тема 9. СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТЕПЛА.</b> 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.	6	-	6	5	2	-	4	11	1	-	4	2
<b>Тема 10 РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ.</b> Методы регулирования тепловой нагрузки. Температурный график сетевой воды при качественном регулировании.	6	-	4	5	2	-	2	9	1	-	-	10
<b>Тема 11. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.</b> Задачи гидравлического расчета. Основные расчетные зависимости гидравлического расчета водяных тепловых сетей. Линейное и местное падение давления. Схемы и конфигурации тепловых сетей. Основные требования к режиму давлений водяных тепловых сетей. Пьезометрический график. Принципы его построения.	6	-	10	5	2	-	6	9	1	-	4	10

<b>Тема 12. ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.</b> Оборудование тепловых сетей. Трасса и профиль теплопроводов. Конструкции теплопроводов. Основные требования, предъявляемые к теплопроводам. Подземные теплопроводы: в проходных, полупроходных и непроходных каналах. Бесканальные теплопроводы. Надземные теплопроводы. Опоры.	4	-	6	5	2	-	2	10	1	-	-	20
<b>Тема 13. КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.</b> Компенсация температурных удлинений теплопроводов. Типы компенсаторов. Радиальные и осевые компенсаторы тепловых сетей.	4	-	-	5	2	-	-	8	-	-	-	20
<b>Тема 14. ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ.</b> Тепловые пункты. Назначение. Схемы тепловых пунктов.	4	-	4	5	2	-	2	9	1	-	2	10
<b>Тема 15. ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ.</b> Приборы и системы автоматического регулирования отпуска тепловой энергии, применяемые в центральных тепловых пунктах.	2	-	2	5	2	-	2	10	1	-	-	20
<b>Тема 16. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ АБОНЕНТОВ.</b> Классификация систем отопления. Однотрубные. двухтрубные системы отопления.	-	-	2	5	2	-	2	8	1	-	2	10
<b>ИТОГО</b>	68	-	68	80	34	-	36	146	12	-	20	247

### ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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).
2. Паровые и газовые турбины для электростанций: учебник для вузов / А. Г. Костюк [и др.]; под ред. А. Г. Костюка. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Изд. дом МЭИ, 2008. - 556 с. : ил. - Библиогр.: с. 555-556. - ISBN 978-5-383-00268-1 : 1156-91.31.363 - П 18, (количество экземпляров - 30).
3. 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).
4. Надежность систем энергетики и их оборудования В. 4 т. Т. 4. Надежность систем теплоснабжения : справ. издание / Е. В. Сеннова [и др.] ; под общ. ред. Ю. Н. Руденко ; РАН, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л. А. Мелентьева . - Новосибирск : Наука, 2000. - 351 с. - ISBN 5-02-031582-6. - ISBN 5-247-03374-4 : 64-00. 31.38 - Н 17, (количество экземпляров - 3).

# СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1. Введение.

Содержание и задачи курса. Перспективы развития промышленной теплоэнергетики, ее место в топливно-энергетическом комплексе страны.

Литература: [1]

Вопросы для самопроверки

1. Определение теплофикации?
2. В чем различие теплофикации от отдельного метода энергоснабжения?
3. Что такое централизация теплоснабжения?
4. За счет чего обеспечивается экономия топлива при централизованном теплоснабжении?
5. За счет чего можно увеличить тепловую эффективность ТЭЦ?

## 2. Тепловое потребление потребителей.

Тепловое потребление. Виды потребителей теплоты. Расчет расходов теплоты на сезонные нагрузки. Расчет расходов теплоты на отопление. Учет инфильтрации и тепловыделений в производственных цехах. Расчет теплоты на отопление по укрупненным показателям. Расчет расходов теплоты на вентиляцию производственных помещений и общественных зданий.

Расчет теплоты на круглогодичные нагрузки. Расчет расходов теплоты на горячее водоснабжение в жилых и административно-общественных зданиях. Расчет тепловой нагрузки на горячее водоснабжение промышленных предприятий.

Расчет технологического теплопотребления.

Суммарное круглогодичное теплопотребление. Расчет суммарного годового потребления теплоты в жилых и общественных зданиях. Расчет суммарного годового расхода теплоты на промышленных предприятиях. График годового расхода теплоты, графический и аналитический способы определения. Среднемесячная и среднесезонная температуры наружного воздуха.?

Литература: [1], [3]

Вопросы для самопроверки

1. На какие две группы можно разбить тепловые нагрузки по характеру их протекания во времени?
2. Какие тепловые нагрузки относятся к сезонным?
3. Какие тепловые нагрузки относятся к круглогодичным?
4. Какие основные режимы используются для расчетов потребности в теплоте?
5. Как выглядит уравнение теплового равновесия здания?
6. Чем вызываются теплопотери инфильтрацией, как они учитываются при расчете?
7. Как определяются суммарные теплопотери здания?
8. Каковы особенности учета внутренних тепловыделений жилых и промышленных зданий при расчете систем теплоснабжения?
9. Из чего складываются теплопотери через наружные ограждения зданий?
10. Что такое коэффициент остекления здания?
11. Что такое удельная теплопотеря здания?
12. Как можно выразить теплопотери здания с помощью удельной теплопотери?
13. Каковы особенности учета коэффициента инфильтрации жилых, общественных и промышленных зданий при расчете систем теплоснабжения?
14. Чем вызывается инфильтрация наружного воздуха в помещениях?
15. Чему равны теплопотери за счет инфильтрации?
16. Как определяется температура внутреннего воздуха помещений при расчете

теплопотерь?

17. Как определяется температура наружного воздуха при расчете теплопотерь?
18. Чему равны расчетные теплопотери здания?
19. Как определяется продолжительность отопительного сезона в России для жилых зданий?
20. Как определяется начало и конец отопительного сезона для промышленных зданий?
21. Как определяется расход теплоты на вентиляцию?
22. Что такое кратность вентиляции?
23. Как определяется расчетный расход теплоты на вентиляцию?
24. Как определяется расчетная температура наружного воздуха для вентиляции?
25. Какой должна быть температура горячей воды в местах водоразбора для открытых и закрытых систем?
26. Что представляет собой график продолжительности тепловых нагрузок (график Россандера), как он выглядит?
27. Как при ориентировочных расчетах можно определить средний расход теплоты на отопление?
19. Что показывает интегральный график тепловой нагрузки, какова его особенность?

### 3. Системы теплоснабжения

Классификация систем теплоснабжения. Выбор вида и параметров теплоносителя. Водяные системы теплоснабжения. Состав оборудования, схемы его присоединения. Открытая и закрытая схемы теплоснабжения. Элеваторные и прямые схемы присоединения абонентов к водяным тепловым сетям.

Паровые системы теплоснабжения. Системы сбора и возврата конденсата, состав оборудования, режимы работы.

Литература: [1], [3]

#### Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой система теплоснабжения и какого ее назначение?
2. Какие основные элементы входят в состав систем теплоснабжения?
3. Как классифицируются системы теплоснабжения в зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям?
4. Как классифицируются системы децентрализованного теплоснабжения?
5. По каким признакам классифицируются системы централизованного теплоснабжения?
6. Как системы теплоснабжения классифицируются по степени централизации?
7. Как системы теплоснабжения классифицируются по виду источника теплоснабжения?
8. Как системы теплоснабжения классифицируются по виду теплоносителя?
9. Как системы теплоснабжения классифицируются по виду присоединения потребителей к тепловой сети?
10. Как классифицируются системы теплоснабжения по основному способу присоединения потребителей горячего водоснабжения к тепловой сети? Преимущества и недостатки
11. Как классифицируется системы теплоснабжения по основному способу присоединения систем отопления?
12. Каковы преимущества и недостатки струйного смесителя (элеватора) в узле присоединения отопительной установки к водяной тепловой сети?
13. Как классифицируется системы теплоснабжения по способу организации движения теплоносителя?
14. Как классифицируется системы теплоснабжения по числу параллельно работающих трубопроводов?
15. В чем состоят особенности простых и изолированных систем теплоснабжения?
16. В чем заключается недостаток однотрубных систем теплоснабжения?
17. Укажите пути совершенствования системы сбора и возврата конденсата?

18. Какими показателями можно охарактеризовать эффективность систем теплоснабжения?
19. Какие основные режимы используются для расчетов потребности в теплоте?
20. Для каких целей используется тепло на современных предприятиях?
21. Для каких целей используется тепло в пищевой промышленности?
22. Для каких целей используется тепло в деревообрабатывающей промышленности?
23. Для каких целей в промышленности может использоваться водяной пар?
24. В каком случае целесообразно использование пара в системах отопления вместо горячей воды?
25. Каким основным принципом следует руководствоваться при выборе теплоносителя?
26. На какие расстояния возможна подача горячей воды и пара?
27. Каковы основные недостатки использования пара в качестве теплоносителя?
28. Каковы основные преимущества использования горячей воды в качестве теплоносителя?
29. Каковы недостатки использования воды в качестве теплоносителя?

#### **4. Классификация центральных котельных. Тепловая схема котельной.**

Классификация центральных котельных. Тепловая схема водогрейной котельной. Тепловые схемы паровых производственных котельных Тепловые схемы паро-водогрейных (комбинированных) центральных котельных.

Литература: [1]

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Приведите принципиальные тепловые схемы паровой, водогрейной и пароводогрешной котельной.
2. Назовите основные типы и характеристики паровых и водогрейных котлов.
3. Каковы различия в составе оборудования котельных для открытых и закрытых систем теплоснабжения?
4. Каково назначение линии перепуска в котельных?
5. Перечислите способы утилизации теплоты продувочной воды паровых котлов.
6. Каково назначение рециркуляции водогрейных котлов?
7. Каков выбор метода водоподготовки для паровой и водогрейной котельной?
8. Каковы критерии выбора числа работающих котлов и распределения нагрузки между ними?
1. Приведите принципиальные тепловые схемы паровой, водогрейной и пароводогрешной котельной.
2. Назовите основные типы и характеристики паровых и водогрейных котлов.
3. Каковы различия в составе оборудования котельных для открытых и закрытых систем теплоснабжения?
4. Каково назначение линии перепуска в котельных?
5. Перечислите способы утилизации теплоты продувочной воды паровых котлов.
6. Каково назначение рециркуляции водогрейных котлов?
7. Каков выбор метода водоподготовки для паровой и водогрейной котельной<sup>0</sup>
10. Каковы особенности схем и технико-экономические показатели котельных с комбинированными пароводогрешными котлами?

#### **5. Тепловой расчет котельной.**

Тепловой расчет водогрейной котельной. Тепловой расчет паровой котельной.

Литература: [1]

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Каковы критерии выбора числа работающих котлов и распределения нагрузки между ними?
2. Приведите принципиальные тепловые схемы паровой, водогрейной и пароводогрейной котельной.
3. Каковы различия в составе оборудования котельных для открытых и закрытых систем теплоснабжения?
4. Каковы требования к условиям оптимальной компоновки котельных?
5. Каков порядок расчета удельного расхода условного (натурального) топлива на выработку и отпуск теплоты?
6. Себестоимость отпущенной теплоты от паровых, водогрейных и пароводогрейных котельных.
7. Каковы особенности схем и технико-экономические показатели котельных с комбинированными пароводогрейными котлами?
8. Тепловой расчет котельной. Для каких характерных режимов производится расчет тепловой схемы котельной?

### **6. Основное и вспомогательное оборудование центральных котельных.**

Выбор основного оборудования центральных котельных. Выбор вспомогательного оборудования центральных котельных

Литература: [1]

#### Вопросы для самопроверки

1. Какое вспомогательное оборудование относится к пароводяному тракту?
2. Какое вспомогательное оборудование относится к газовоздушному тракту?
3. Каково назначение регенеративных подогревателей?
4. Каков принцип действия регенеративных подогревателей?
5. Каковы конструктивные схемы поверхностных подогревателей низкого давления?
6. Каковы конструктивные схемы смешивающих подогревателей низкого давления?
7. Назначение сетевых подогревателей (СП).
8. Назначение деаэратора.
9. Почему необходимо снижать содержание кислорода и углекислоты в питательной воде?
10. Как работает струйная деаэрационная колонка?
11. Как работает пленочная деаэрационная колонка?
12. Как работает барботажная деаэрационная колонка?
13. Пути попадания кислорода и углекислоты (свободной и связанной) в питательную воду.
14. Назначение испарителей и их типы.
15. Принцип действия объемных и динамических насосов.
16. Каковы основные параметры, определяющие режимы работы насоса?
17. Что такое характеристика насоса, виды и типы характеристик?
18. Что такое кавитация, и чем она определяется?
19. Способы создания антикавитационного запаса и методы борьбы с кавитацией.
20. Что такое рабочая точка при работе насоса на сеть?
21. Какие существуют способы регулирования производительности насосов?
22. Построить характеристику параллельно и последовательно включенных насосов.

### **7. Классификация ТЭЦ. Тепловые схемы ТЭЦ.**

Назначение и типы ТЭЦ. Классификация ТЭЦ по структуре тепловой схемы. Принципиальная тепловая схема теплоэлектроцентрали с турбиной с противодавлением, с производственным и теплофикационным (отопительным) отборами пара.

Литература: [1], [2]

#### Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные особенности паровых турбин с противодавлением (тип Р) и конденсационных турбин с отбором пара (тип П, Т)? Укажите области преимущественного применения турбин типа Р и типа П, Т.
2. Что используют для удовлетворения пиковой нагрузки на современных ТЭЦ?
3. Что представляют собой конденсационные электростанции, какова их тепловая эффективность в сравнении с ТЭЦ?
4. В чем заключается особенность пароэнергетических циклов с противодавлением?
5. Как соотносятся количества электроэнергии, получаемой в циклах с противодавлением и без него?
6. Как соотносятся удельные количества электроэнергии, получаемые с единицы условного топлива на ТЭЦ и КЭС?
7. Что понимается под тепловыми отборами турбин?
8. Как классифицируются тепловые отборы турбин, какие давления пара характерны для них?
9. Каковы основные требования к подпиточной воде тепловых сетей? Почему при наличии в системе пиковых водогрейных котлов допустимая остаточная карбонатная жесткость подпиточной воды ниже, чем при отсутствии пиковых водогрейных котлов?
10. Что подразумевается под обработкой подпиточной воды?
11. Что такое коррозионный коэффициент и каково его значение для  $O_2$  и  $CO_2$  при их раздельном и совместном действии?
12. Каково влияние начальных параметров пара на ТЭЦ?
13. Почему промежуточный перегрев пара применяется только в турбинах типа Т (Т-180 210-130 и Т-250/300-240)?
14. Каково влияние конечных параметров и параметров отбора на экономичность ТЭЦ?
15. Чем обусловлено повышение тепловой экономичности ТЭЦ при введении регенеративного подогрева питательной воды?
16. От чего зависит оптимальная температура питательной воды?
17. Назовите преимущества и недостатки поверхностных и смешивающих регенеративных подогревателей.
18. Как осуществляется отпуск технологического пара от ТЭЦ?
19. Чем обусловлено применение на ТЭЦ пиковых водогрейных котлов?
20. Каковы варианты и эффективность схем многоступенчатого подогрева сетевой воды на ТЭЦ?
21. Назовите оптимальные способы подготовки подпиточной воды на ТЭЦ для открытой и закрытой систем теплоснабжения.
22. Что понимают под расчетным коэффициентом теплофикации?
23. Каковы назначение и схема включения испарительной установки?
24. Схемы включения расширителей непрерывной продувки котлов ТЭЦ.
25. Как осуществляется выбор единичной мощности и основного оборудования ТЭЦ?
26. Какая существует зависимость между расчетным и годовым коэффициентом теплофикации?
27. Каков принцип построения диаграмм режимов теплофикационных турбин?
28. Как определяются показатели тепловой экономичности ТЭЦ по производству тепловой и электрической энергии<sup>0</sup>

29. Перечислите основные технико-экономические показатели современных промышленных ТЭЦ с турбинами типа ПТ, Т и Р.
30. Какова общая характеристика агрегатов собственных нужд ТЭЦ<sup>0</sup>
31. Что относят к агрегатам собственных нужд теплофикационной установки ТЭЦ?
32. Каковы требования к площадке и компоновке главного корпуса?
33. Назовите методы очистки дымовых газов от золы и оксидов серы..

### **8. Основное и вспомогательное оборудование теплоэлектростанций.**

Выбор основного оборудования тепловых электрических станций Выбор вспомогательного оборудования тепловых электрических станций.

Литература: [1]

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Какое вспомогательное оборудование относится к пароводяному тракту?
2. Какое вспомогательное оборудование относится к газозвоздушному тракту?
3. Каково назначение регенеративных подогревателей?
4. Каков принцип действия регенеративных подогревателей?
5. Каковы конструктивные схемы поверхностных подогревателей низкого давления?
6. Каковы конструктивные схемы смешивающих подогревателей низкого давления?
7. Назначение сетевых подогревателей (СП).
8. Почему необходимо снижать содержание кислорода и углекислоты в питательной воде?
9. Как работает струйная деаэрационная колонка?
10. Как работает пленочная деаэрационная колонка?
11. Как работает барботажная деаэрационная колонка?
12. Пути попадания кислорода и углекислоты (свободной и связанной) в питательную воду.
13. Назначение испарителей и их типы.
14. Принцип действия объемных и динамических насосов.
15. Каковы основные параметры, определяющие режимы работы насоса?
16. Что такое характеристика насоса, виды и типы характеристик?
17. Что такое кавитация, и чем она определяется?
18. Способы создания антикавитационного запаса и методы борьбы с кавитацией.
19. Что такое рабочая точка при работе насоса на сеть?
20. Какие существуют способы регулирования производительности насосов?
21. Построить характеристику параллельно и последовательно включенных насосов.

### **9. Системы теплоснабжения потребителей тепла.**

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.

Литература: [1], [3]

## 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?

### 10. Регулирование тепловой нагрузки.

Выбор метода регулирования тепловых нагрузок в системах централизованного теплоснабжения. Центральное регулирование однородной тепловой нагрузки в водяных системах теплоснабжения. Качественное и количественное регулирование.

Центральное регулирование разнородной тепловой нагрузки. Центральное регулирование по отопительной нагрузке. Построение графика температур и расхода сетевой воды на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Суммарный расход воды в тепловой сети. Центральное регулирование закрытых и открытых систем теплоснабжения.

Литература: [1], [3]

## Вопросы для самопроверки

1. Укажите возможные системы регулирования тепловой нагрузки и их характеристики. Каковы особенности центрального, группового, местного и индивидуального регулирования?
  1. В чем заключается особенность центрального регулирования по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения? Какие преимущества и недостатки имеет эта система регулирования?
  2. Какие методы центрального регулирования можно использовать в водяных системах централизованного теплоснабжения?
  3. Напишите уравнение характеристики конвективных теплообменных аппаратов и объясните значения величин, входящих в уравнение.
  4. В чем заключается центральное регулирование однородной тепловой нагрузки?
  5. Какой метод регулирования является наиболее эффективным для регулирования разнородной нагрузки? Почему?
  6. Установка горячего водоснабжения включена по двухступенчатой последовательной схеме. Отопительная установка включена по зависимой схеме. Приведите основные преимущества этой схемы?
  7. В чем заключаются методы центрального регулирования открытых систем теплоснабжения по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения? Укажите

преимущества и недостатки качественного и качественно-количественного методов.

8. В чем состоит центральное регулирование однотрубных систем теплоснабжения? Как определяются, расчетный расход воды и температура сетевой воды в транзитной магистрали?

### **Тема 11. Гидравлический расчет систем теплоснабжения.**

Задачи гидравлического расчета. Расчетный расход сетевой воды. Алгоритм гидравлического расчета разветвленных водяных тепловых сетей. Построение пьезометрического графика. Выбор насосных агрегатов в системах теплоснабжения. Гидравлический расчет паропроводов. Гидравлический расчет конденсаторопроводов. Гидравлическая характеристика системы. Гидравлический режим закрытых и открытых систем. Понятия гидравлической устойчивости и гидравлического удара.

Литература: [1]

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Задачи гидравлического расчета?
2. Что такое пьезометрический график? Как он строится?
3. Приведите исходные данные для гидравлического расчета разветвленной водяной тепловой сети. Какова последовательность отдельных расчетных операций?
4. Приведите исходные данные для гидравлического расчета разветвленной паровой сети. В чем состоит методика расчета? По какому расходу воды выбираются диаметры тепловой сети в открытых системах теплоснабжения?
5. Как определяется рабочий напор сетевых насосов водяной тепловой сети? Из каких слагаемых он состоит?
6. Как определяется рабочий напор подпиточных насосов в открытых системах теплоснабжения?
7. По какому расходу сетевой воды устанавливается проектная подача сетевых насосов? Какое допускается минимальное количество сетевых насосов на станции?
8. Что такое гидравлическая характеристика насоса? Как определяется гидравлический режим системы?
9. В чем состоит метод построения суммарной характеристики группы параллельно включенных насосов?
10. В чем состоит метод построения суммарной характеристики группы  $m$  последовательно включенных насосов?
11. Что такое гидравлическая устойчивость системы теплоснабжения? С помощью какого коэффициента производится количественная оценка гидравлической устойчивости абонентских установок?
12. Что такое нейтральная точка тепловой сети? С помощью какого устройства поддерживается постоянное давление в нейтральной точке?
13. Что такое гидравлический удар в тепловой сети? Какова его причина?
14. Как определить диаметры трубопроводов?
15. Как осуществляется подбор параметров сетевых, подпиточных и конденсатных насосов?

### **Тема 12. Оборудование тепловых сетей.**

Оборудование тепловых сетей. Трасса и профиль теплопроводов. Конструкции теплопроводов и требования к ним. Воздушные и подземные теплопроводы, каналные и бесканальные. Теплоизоляционные материалы, конструкции, свойства. Требования к теплоизоляционным конструкциям, изделиям и материалам.

Литература: [1], [3]

#### Вопросы для самопроверки

1. Понятие тепловой сети?
2. Чем следует руководствоваться при выборе трассы теплопровода?
3. В чем заключаются основные требования к конструкциям современных теплопроводов?
4. Назовите современные методы защиты подземных теплопроводов от наружной коррозии?
5. Каковы основные методы защиты подземных теплопроводов от коррозии под действием блуждающих токов?
6. Сравните подземные теплопроводы в проходных каналах, непроходных и бесканальных. Назовите преимущества и недостатки каждого типа теплопровода и основные области их целесообразного применения?
7. Каковы основные требования к теплоизоляционным конструкциям теплопроводов?
8. Каковы основные требования к трубам для теплопроводов?
9. Назовите области применения воздушной, бесканальной и канальной прокладки.
10. Тепловая изоляция теплопроводов.
11. Как производится выбор оптимальной толщины тепловой нагрузки?
12. Как производится расчет потерь теплоты в теплопроводах?
13. Как производится расчет П-образных компенсаторов?
14. Конструкция и оборудование тепловых камер.

#### **13. Компенсация температурных деформаций тепловых сетей.**

Компенсация температурных удлинений теплопроводов. Типы компенсаторов. Радиальные и осевые компенсаторы тепловых сетей.

Литература: [1], [3]

#### Вопросы для самопроверки

1. В чем состоит особенность компенсации температурных деформаций стальных трубопроводов?
2. Каково устройство компенсаторов?
3. Каково назначение подвижных и неподвижных опор?
4. За счет чего происходит удлинение трубопровода?
5. Назовите основные схемы самокомпенсации трубопроводов тепловых сетей.
6. Какие виды опор трубопроводов вам известны?
7. Какие типы свободных опор вы знаете?
8. Для чего служат свободные опоры?
9. Где на тепловой сети устанавливаются компенсаторы?
10. Какие виды компенсаторов вы знаете?
11. Как вы понимаете значение «самокомпенсация»?
12. Назовите основные элементы сальникового компенсатора.

#### **14. Центральные тепловые пункты.**

Центральные тепловые пункты. Назначение. Схемы центральных тепловых пунктов.

Литература: [1]; [3]

#### Вопросы для самопроверки

1. Каково основное назначение тепловых пунктов?
2. Что входит в состав оборудования тепловых пунктов?
3. Какие водо-водяные подогревательные установки устанавливаются на тепловых

- пунктах?
4. В чем преимущества пластинчатых теплообменников?
  5. Какие устройства применяются на тепловых пунктах в качестве смесительных?
  6. Почему при возникновении кавитации в сопле элеватора снижается расход сетевой воды?
  7. Для чего применяют методы выравнивания тепловой нагрузки? Какие методы используются?
  8. Каковы основные требования, предъявляемые к тепловым пунктам?
  9. Назовите основные принципы размещения ЦТП и ИТП в системе тепловых сетей.
  10. Сформулируйте задачи, решаемые тепловыми пунктами.
  11. Приведите состав основного оборудования, устройств и приборов тепловых пунктов.

### **15. Приборы и системы автоматического регулирования тепловых пунктов.**

Приборы и системы автоматического регулирования отпуска тепловой энергии, применяемые в центральных тепловых пунктах.

Литература: [1], [3]

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Перечислите основные средства и задачи автоматизации и контроля параметров в тепловом пункте.
2. Какие задачи должны решать средства автоматического регулирования в ЦТП и ИТП?
3. На каких принципах измерений выпускаются приборы для измерения расходов воды?
4. На каких принципах работают электромагнитные расходомеры?
5. На каких принципах работают ультразвуковые расходомеры?
6. Какими приборами можно производить измерение расхода жидкости в трубопроводе без внесения в поток датчиков?
7. Какими приборами измеряется температура жидкости?

### **16. Системы отопления абонентов.**

Классификация систем отопления. Однотрубные. двухтрубные системы отопления.  
Литература: [1], [3]

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Как классифицируются системы отопления в зависимости от преобладающего способа теплопередачи?
2. Перечислите основные конструктивные элементы систем отопления.
3. Классифицируйте системы отопления по расположению основных элементов.
4. Дайте сравнительную характеристику однотрубных водяных систем отопления с верхней и нижней разводкой, с П-образными стойками.
5. Приведите сравнительную характеристику отопительных приборов.
6. Как определяют необходимую поверхность нагрева отопительных приборов?
7. Классификация систем отопления по виду теплоносителя и способу побуждения его циркуляции.
8. Принципиальные схемы однотрубных и двухтрубных систем водяного отопления. Основные элементы систем.
9. Достоинства и недостатки систем водяного, парового и воздушного отопления. Область их применения.
10. Типы нагревательных приборов, их достоинства и недостатки.
11. Охарактеризуйте основные конструктивные различия насосной и гравитационной

систем водяного отопления.

12. Перечислите основные достоинства и недостатки вертикальных однотрубных систем водяного отопления.

13. Для чего предназначен терморегулятор, устанавливаемый на подводках к отопительным приборам?