ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО
БЕНДЕРСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ФИЛИАЛ
Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

# СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Методическое пособие по изучению курса*

Бендеры, 2016

ББК 31.38
С 40

СОСТАВИТЕЛЬ
С.С. Иванова, старший преподаватель

РЕЦЕНЗЕНТЫ:
Т.И. Лохвинская, старший преподаватель
А.А. Шилькер, зам. министра Регионального развития, транспорта и связи.

С 40 Системы централизованного теплоснабжения: Методическое пособие по изучению курса/ Сост. С.С. Иванова.- Бендеры, 2016.-46 с.

Методическое пособие «Системы централизованного теплоснабжения» по изучению курса предназначено для студентов направления «Строительство» профиль подготовки «Теплогазоснабжение и вентиляция» при изучении дисциплины «Централизованное теплоснабжение» для дневной и заочной формы обучения.

В нем приведены рабочая программа курса, тема теоретического изучения материала с кратким аннотированным конспектом, а также вопросы для контрольной самопроверки, изученного материала, указана тематика курсового проекта, даны рекомендации по его выполнению. приведен перечень лабораторных и практических работ. Отдельным разделом указаны оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов, представлен список необходимой литературы.

Рекомендовано
Научно-методическим советом
ПГУ им. Т.Г. Шевченко

©Иванова С.С., составление, 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение……4
**1.** Методические указания к курсу…….....5
**2.** Методические рекомендации по освоении курса «Централизованное теплоснабжение»……7
ТЕМА 1. Цели и задачи изучения курса и его связь с другими дисциплинами, краткая аннотация разделов курса и распределение тем по семестрам……...7
ТЕМА 2. Основные характеристики и разновидности систем теплоснабжения……...8
ТЕМА 3. Определение расходов теплоты. ……..10
ТЕМА 4. Регулирование отпуска теплоты. ……..11
ТЕМА 5. Гидравлический расчет тепловых сетей. ……13
ТЕМА 6. Конструкции и расчет трубопроводов. ……...16
ТЕМА 7. Тепловой расчет трубопроводов. ……19
ТЕМА 8. Гидравлический режим тепловых сетей……..22
ТЕМА 9. Паровые системы теплоснабжения. ……24
ТЕМА 10. Источники тепла……26
**3.** Примерная тематика курсовых проектов (работ)……27
**4.** Перечень лабораторных работ по курсу «Централизованное теплоснабжение»……...32
**5.** Перечень практических работ по курсу «Централизованное теплоснабжение»……...33
**6.** Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов……..34
6.1. Тестовые задания……34
6.2. Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине. ……..40
6.3. Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине. ……42
**7.** Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Централизованное теплоснабжение»……44

# ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Централизованное теплоснабжение»- научить студентов правильному пониманию задач, стоящих перед инженерами- энергетиками при эксплуатации систем теплоснабжения с учетом экологической, топливно- энергетической ситуации в республике, уровня и перспектив развития предприятий и экономики республики, а также научить эксплуатировать системы теплоснабжения, теплооборудования и автоматизацию агрегатов и тепловых пунктов, промышленного оборудования.

**Целью изучения дисциплины** является получение необходимых знаний и навыков для проектирования и эксплуатации систем централизованного теплоснабжения промышленных предприятий и жилищно-коммунальных потребителей.

**Задачи изучения дисциплины** – творческое усвоение основных положений централизованного теплоснабжения, теплофикации и тепловых сетей. Знания основ дисциплины формируется на нескольких уровнях, отличающихся глубиной проработки материала.

Курс необходимо изучать последовательно по разделам в соответствии с программой. Усвоение материала проверяется умением ответить на вопросы для самопроверки, которые приведены в конце каждого раздела методического пособия.

Задача методического пособия - дать правильное направление самостоятельной работе студента, помочь ему выделять главное в содержании курса, облегчить подбор литературных источников для изучения курса «Централизованное теплоснабжение».

# 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСУ

**Цели и задачи изучения дисциплины.**

*Цель дисциплины*:

Дисциплина «Централизованное теплоснабжение» связывает три основных звена системы теплоснабжения любого населённого пункта - источник тепла, транспортные наружные сети и потребляющие теплоту абонентские установки.

Цель преподавания дисциплины «Централизованное теплоснабжение» - научить студентов:

– методам проектирования и выбора надежных и оптимальных систем теплоснабжения, тепловых сетей, насосных и тепловых станций, ЦТП и ИТП;

– выбору и обоснованию источников тепла, оптимизации параметров и режимов работы систем теплоснабжения, включая режимы источников и потребителей тепла;

– обоснованию оптимальных режимов отпуска теплоты с использованием автоматического регулирования;

– использованию современных вычислительных программ при проектировании тепловых сетей;

– современным принципам эксплуатации систем теплоснабжения, обслуживанию и ремонту систем теплоснабжения, диспетчерскому управлению с применением средств телемеханики.

*Задачи дисциплины*: подготовка бакалавра, умеющего:

– проектировать и эксплуатировать городские и промышленные системы теплоснабжения,

– тепловые сети и сооружения на них, тепловое и насосное оборудование;

– оптимизировать проектные решения и эксплуатационные режимы с учетом надежного функционирования систем;

– автоматизировать системы, тепловые пункты и осуществлять автоматическое управление технологическими процессами теплоснабжения; использовать современную вычислительную технику в проектировании и эксплуатации.

***Место дисциплины в структуре ООП ВПО.***

Дисциплина «Централизованное теплоснабжение» относится к циклу Б.3 – Профессиональный цикл. Для улучшения дисциплины необходимы компетенции, которые были сформированы у студентов при изучении таких дисциплин как: инженерная графика, информатика, теоретические основы теплотехники, теплогазоснабжение и вентиляция, генераторы тепла и автономное теплоснабжение, автоматизация систем ТГВ.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента:

*Студент должен*:

**знать**: лекционный курс по дисциплине «Централизованное теплоснабжения»; ГОСТы; применяемые материалы; принципы

построения схем систем централизованного теплоснабжения; основы проектирования и расчет принятых систем.

**уметь**: работать на персональном компьютере; пользоваться ГОСТами, справочными пособиями, методическими указаниями; решать задачи по проектированию систем теплоснабжения; правильно выбирать конструкционные материалы, обеспечивающие требуемые показатели надежности и безопасности.

**владеть**: теоретическими и экспериментальными методами расчета и проектирования существующих систем теплоснабжения.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВОЕНИИ КУРСА «ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ».

**ТЕМА 1. Цели и задачи изучения курса и его связь с другими дисциплинами, краткая аннотация разделов курса и распределение тем по семестрам.** Энергетика и топливно-энергетические ресурсы страны. Способы теплоснабжения: централизованное и децентрализованное, их преимущества и недостатки. Основные виды централизованного теплоснабжения: теплофикация и теплоснабжение от котельных. Их достоинства и недостатки, область применения. Связь теплофикации и электрофикации. Развитие систем централизованного теплоснабжения и теплофикации.

**Литература:**

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 4-7.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 7-15.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 6-54.
4. Сотникова О.А., Мелькумов В.Н. Теплоснабжение: Учебное пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. **Страницы**: 3-36.

При проработки данного раздела следует уяснить понятие системы централизованного теплоснабжения, области применения, а также преимущества и недостатки децентрализованного и централизованного теплоснабжения, а также вопросы по теплофикации, как наивысшей степени централизованного теплоснабжения.

При централизованном энергоснабжении производство тепла и электроэнергии может быть комбинированным и раздельным. В первом случае источником получения тепла и электроэнергии является теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), в том случае теплоснабжение от ТЭЦ называется теплофикацией, во втором случае промышленные, районные или квартальные котельные, а источником электроэнергии-кондесационная (КЭС) или гидравлическая (ГЭС) электростанция.

Несмотря на активное развитие в последние годы местного, автономного теплоснабжения в курсе «Централизованное теплоснабжение» упор делается на изучение централизованного теплоснабжения, в котором наиболее полно находят отражение все вопросы теплоснабжения потребителей.

Немало важную роль при изучении курса имеет рассмотрение вопросов по энергетике и топливно-энергетическим ресурсам республики и увязка с вопросами теплоснабжения и теплофикации.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте определение теплоснабжению.
2. Перечислите и поясните способы централизованного теплоснабжения.
3. Назовите виды источников тепла.
4. Какие существуют виды тепловых нагрузок?
5. Назовите преимущества и недостатки централизованного теплоснабжения.
6. Покажите реальными жизненными примерами связь теплофикации и электрификации.
7. В чем вы видите развитие систем централизованного теплоснабжения и теплофикации. Назовите перспективные направления

**ТЕМА 2. Основные характеристики и разновидности систем теплоснабжения**. Структурная схема системы теплоснабжения, основные элементы системы и их функциональные задачи. Теплоносители для систем теплоснабжения - требования к свойствам и параметрам, виды теплоносителей, их достоинства и недостатки. Принципиальные схемы систем теплоснабжения - открытая и закрытая, однотрубная, двухтрубная, четырехтрубная, изолированные водяные системы теплоснабжения. Принципиальные схемы присоединения абонентских систем к тепловым сетям - ЗСГВ : параллельная, смешанная, последовательная, предвключенная; ОСГВ : без циркуляции, с циркуляцией, с подмешиванием холодной воды; СО : непосредственное, элеваторное, насосное, независимое; СВ – калориферные установки.

**Литература:**


1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 8-54.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 15-57.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 58-116.
4. Сотникова О.А., Мелькумов В.Н. Теплоснабжение: Учебное пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. **Страницы**: 36-86.

В этом разделе обратить внимание на классификацию систем теплоснабжения, схемы и условия применения зависимого и независимого присоединения систем отопления к тепловой сети, схемы присоединения установок горячего водоснабжения при закрытой и открытой системах, на роль и место регулятора расхода в различных схемах присоединения, влияние горячего водоснабжения на режим отопления.

Централизованные системы теплоснабжения обеспечивают потребителей теплом низкого и среднего потенциала (до 35О$^0$С), на выработку которого затрачивается около 25% всего добываемого в стране топлива.

Система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов (инженерных сооружений): источника тепла, тепловых сетей, абонентских вводов и местных систем теплопотребления.

В зависимости от организации движения теплоносителя системы теплоснабжения могут быть замкнутыми, полузамкнутыми и разомкнутыми.

В централизованных системах теплоснабжения в качестве теплоносителя используются вода и водяной пар, в связи с чем различают водяные и паровые системы теплоснабжения.

Вода как теплоноситель имеет ряд преимуществ перед паром; некоторые из этих преимуществ приобретают особо важное значение при отпуске тепла с ТЭЦ. К последним относится возможность транспортирования воды на большие расстояния без существенной потери ее энергетического потенциала, т. е. ее температуры.

Энергетический потенциал пара - его давление -уменьшается при транспортировании более значительно. Таким образом, в водяных системах давление пара в отборах турбин может быть очень низким (от 0,06 до 0,2 МПа), тогда как в паровых системах оно должно составлять до 1—1,5 МПа.

При выборе теплоносителя следует ориентироваться на технико-экономические расчеты, а также учитывать характер источника тепла и вид потребителя.

В зависимости от числа теплопроводов в тепловой сети водяные системы теплоснабжения могут быть: однотрубными, двухтрубными, трехтрубными, четырехтрубными, комбинированными, если число труб в тепловой сети не остается постоянным.

**<u>Вопросы для самоконтроля:</u>**

1. Основные элементы систем теплоснабжения.
2. Теплоносители в системах теплоснабжения.
3. Водяная система теплоснабжения.
4. Открытые и закрытые водяные системы теплоснабжения. Их сравнение.
5. Присоединение местных систем теплопотребления к тепловым сетям.

**ТЕМА 3. Определение расходов теплоты.** Классификация тепловых нагрузок и методы определения их значений. Часовые и годовые расходы теплоты. Часовые, суточные и годовые графики потребления теплоты по видам тепловых нагрузок. Понятие о коэффициенте часовой неравномерности потребления теплоты и числе часов использования максимума.

**Литература:**

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 8-27.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 15-29.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 58-71.

При изучении этого раздела следует обратить внимание на то, что определение расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых районов городов и населенных пунктов согласно СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» должно производиться по укрупненным показателям в зависимости от климатических данных, численности населения и величины общей площади.

Потребителями тепла системы централизованного теплоснабжения являются:

теплоиспользующие санитарно- технические системы зданий и различного рода технологические установки, использующие тепло низкого потенциала (до 300-350$^0$С).

По режиму потребления тепла в течении года различают две группы потребителей: сезонные и круглогодичные потребители.

Потребителей получающих тепло от централизованной системы теплоснабжения, называют абонентами этой системы, а расходуемое абонентами тепло - тепловой нагрузкой источника тепла.

В зависимости от соотношения и режимов отдельных видов теплопотребления различают три характерные группы абонентов: жилые здания; общественные здания; промышленные здания и сооружения (сельскохозяйственные производственные здания и сооружения).

Для жилых зданий характерны сезонные расходы тепла на отопление и вентиляцию круглогодовой расход тепла на горячее водоснабжение. В жилых зданиях не устраивают специальной приточной вентиляции - свежий воздух поступает в помещение через форточки окон и неплотности в наружных ограждениях. Подогрев вентиляционного воздуха в этом случае возлагается на систему отопления. Для большинства общественных

зданий основное значение имеют сезонные расходы тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха. У промышленных абонентов, в том числе и сельскохозяйственного направления, обычно имеются все виды теплопотребления, количественное соотношение между которыми определяется видом основного производства.

Потребность абонентов в тепле не остается постоянной. Расходы тепла на отопление и вентиляцию изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха, на горячее водоснабжение - в зависимости от режима потребления горячей воды населением (при отсутствии у абонентов аккумуляторов горячей воды), в технологических установках - в зависимости от режима работы теплоиспользующего оборудования.

Определяющими для проектирования и расчета централизованного теплоснабжения являются максимальные часовые (расчетные) расходы тепла по отдельным видам теплопотребления.

Для определения потребности в тепле абонентов системы централизованного теплоснабжения используют приближенные методы, в основе которых лежат укрупненные показатели. Степень укрупнения таких показателей может быть различной.

Из укрупненных показателей расходов тепла наименьшей степенью укрупнения и наибольшей точностью обладают показатели по отдельным видам зданий. На основе таких показателей и определяют в дальнейшем все иные показатели с большей степенью укрупнения.

На разных стадиях проектирования системы теплоснабжения в зависимости от необходимой точности исходных данных пользуются показателями разной степени укрупнения. И лишь на самой поздней стадии проектирования тепловых сетей, расходы тепла определяют более точно: для новых объектов- по соответствующим типовым или индивидуальным проектам, для существующих объектов- по материалам инвентаризации.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Классификация тепловых нагрузок. Тепловое потребление.
2. Определение расходов теплоты для жилых и общественных зданий на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.
3. Суточные и сезонные графики потребления теплоты.
4. Годовой график расхода теплоты по месяцам и по продолжительности тепловой нагрузки.

**ТЕМА 4. Регулирование отпуска теплоты.** Классификация систем регулирования отпуска теплоты. Регулирование отпуска теплоты на отопление: качественное, качественно-количественное, количественное. Регулирование отпуска теплоты на вентиляцию. Регулирование отпуска теплоты на горячее водоснабжение для открытой и закрытой систем теплоснабжения. Регулирование отпуска теплоты при смешанной

тепловой нагрузке для открытой и закрытой систем теплоснабжения. Выбор способа центрального регулирования тепловой нагрузки. Совместная работа ТЭЦ и ПК в тепловых сетях.

**Литература:**


1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 111-151.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 86-115.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 116-182.


В системах централизованного теплоснабжения регулирование отпуска теплоты производится с целью:

- Обеспечить необходимый микроклимат у потребителей;
- Сократить объемы потребителей тепловой энергии.

Изменение тепловой нагрузки может достигаться путем регулирования расхода теплоносителя либо его температуры.

По способу регулирования различают:

- Качественное – изменение температуры теплоносителя при постоянном расходе теплоносителя;
- Количественное - изменение расхода теплоносителя при постоянной температуре;
- Качественно- количественное -изменение температуры и расхода теплоносителя.

По месту регулирования может осуществляться:

- Центральное- на источнике теплоты ТЭЦ, котельной на вводе в тепловую сеть;
- Групповое- на ЦТП, КРП;
- Местное- на тепловом пункте здания;
- Индивидуальное- непосредственно на нагревательных приборах.

При разработке метода центрального регулирования в большинстве случаев в качестве базового графика применяют качественный отопительный график изменения температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха. При одновременной подаче теплоносителя подающему трубопроводу для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения этот график не удовлетворяет всех потребителей, поэтому приходится вводить различные коррективы. Так. Например, из-за горячего водоснабжения в теплый период года температура теплоносителя в тепловой сети поддерживается постоянной и

равной $70^0$С, для закрытой системы теплоснабжения и $60^0$С- для открытой. Такой отопительный график носит название отопительно- бытовой.

Для систем вентиляции также требуются дополнительные методы местного количественного или качественного регулирования.

Если в системе теплоснабжения при одновременной подаче тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение по двухтрубным тепловым сетям, когда жилищно- коммунальная нагрузка составляет более 65% и доля средней нагрузки горячего водоснабжения более 15% от расчетной нагрузки на отопление- регулирование осуществляется по повышенному графику температур. При этом температурная надбавка теплоносителя против отопительно- бытового графика с учетом использования тепла обратной воды компенсирует потребность расхода сетевой воды на нужды горячего водоснабжения типовых абонентов.

В открытых системах повышенный график называется скорректированным, построение которого производится для того диапазона, где температура воды после систем отопления меньше $60^0$С, так как в остальное время весь водоразбор осуществляется их обратной трубы и фактически не влияет на работу систем отопления.

Кроме отопительно- бытового и повышенных графиков температур существуют и другие методы центрального регулирования, например, количественный и качественно- количественный.

Оптимальный вариант регулирования определяется на основе сопоставления технико-экономических показателей.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Методы регулирования.
2. Центральное качественное регулирование отопительной нагрузки.
3. Центральное количественное регулирование.
4. Качественно-количественное регулирование.
5. Отопительно-бытовой график регулирования в закрытых системах.
6. Регулирование отпуска тепла на вентиляцию.
7. Регулирование отпуска тепла в паровых системах теплоснабжения.

**ТЕМА 5. Гидравлический расчет тепловых сетей**. Задачи гидравлического расчета. Схемы тепловых сетей и их структура. Основные расчетные зависимости. Определение расчетных расходов теплоносителя. Методика расчета разветвленных тепловых сетей. Решение прямой и обратной задач. График давлений в водяной тепловой сети. Статический и динамический режимы работы тепловой сети. Требования к режимам давлений. Определение параметров сетевых, подпиточных и статических насосов. Особенности гидравлического расчета открытых систем теплоснабжения. Режимы

отбора теплоносителя на абонентских вводах. Три характерных режима отбора теплоносителя из подающего и обратного трубопроводов. Построение пьезометра для открытой системы теплоснабжения.

**Литература:**


1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 183-226.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 182-220.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 182-249.


Данный раздел охватывает вопросы проектирования тепловых сетей: схемы сетей, гидравлический расчет, разработка гидравлических режимов.

Схемы тепловой сети определяются размещением ТЭЦ и потребителей тепла. При выборе схемы тепловой сети руководствуются в основном надежностью и экономичностью.

Если теплоносителем является пар, то наиболее экономичным и надежным является прокладка однотрубного паропровода. Дублирование сетей приводит к значительному возрастанию стоимости их и расхода трубопроводов. При выборе конфигурации сетей необходимо стремиться к получению наиболее простых решений и минимальной протяженности теплопроводов.

При проектировании сетей от одного источника тепла рекомендуется применять радиальную сеть с постоянным уменьшением диметров по мере удаления от станции и снижения тепловой нагрузки.

1. Радиальная тепловая сеть. Недостаток: отсутствие резервирования.

При аварии в определенной точке А прекращается подача тепла потребителям, расположенным после точки А.

2.Радиальная тепловая сеть с перемычками.

Основное преимущество закольцованной радиальной сети, это резервирование теплоснабжения. Такая схема применяется редко, т.к. при грамотном проектировании, добросовестном монтаже и правильной эксплуатации тепловые сети работают безаварийно.

3. Кольцевая тепловая сеть от нескольких источников теплоснабжения.

При теплоснабжении крупных городов от нескольких ТЭЦ целесообразно сооружение блокированных связей между отдельными ТЭЦ или кольцевых линий, соединяющих основные магистрали всех ТЭЦ.

Как правило, задвижки устанавливаются на всех магистралях тепловой сети на выводах со станции и через определенные интервалы (2-3 км).

Секционирование магистрали уменьшает потерю воды из тепловой сети при аварии.

В секционировании паровых магистралей нет необходимости т.к. весовое к-во пара незначительное, для заполнения длинных паропроводов.

Как правило, задвижки или вентили устанавливаются на всех ответвленных в точках присоединения к магистрали. На каждом ответвлении устанавливаются две задвижки: одна - в точке присоединения к ответвлению, другая - на абонентском вводе. Исключением являются лишь очень короткие линии (20-30м), на которых устанавливается задвижка только на абонентском вводе.

Наибольшую трудность при изучении материалов данного раздела представляют пьезометрические графики. При построении пьезометрических графиков тепловых сетей следует помнить, что полный напор в любой точке тепловой сети определяется:

$H_{пол} = Z + H_1$

где Z- геодезическая отметка тепловой сети, м;

$H_1$- пьезометрический напор от геодезической отметки до графика давлений.

Кроме того, в закрытой системе теплоснабжения циркулирует неизменное количество теплоносителя, поэтому пьезометрический график является симметричным по отношению к средней линии. В открытой системе построение пьезометрического графика более сложно, так как гидравлический режим в тепловой сети из-за неравномерности водоразбора на горячее водоснабжение является переменным во времени, а график несимметричным.

Следует в данном разделе обратить внимание на задачи гидравлического расчета:

1. Определение диаметров трубопроводов
2. Определение падения давления (напора).
3. Установление величин давлений в различных точках сети.
4. Увязка всех точек системы при статическом и динамическом режимах с целью обеспечения допустимых давлений и требуемых напоров в сети и абонентских системах.

В ряде случаев может быть поставлена задача определения пропускной способности трубопроводов при известном их диаметре и заданной потери давления.

По результатам гидравлического расчета можно определить:

1. Капиталовложения, расход металла (труб) и основного объема работ на сооружение тепловых сетей;
2. Установка циркуляционных и подпиточных насосов, количество их и размещение.

3. Условие работы тепловой сети и выбор схем присоединения абонентских вводов к тепловой сети.

4. Выбор систем автоматизации тепловой сети и абонентских вводов.

5. разработка рациональных режимов эксплуатации.

Для гидравлического расчета должны быть заданы схемы и профиль тепловой сети, указаны размещение станций и потребителей и расчетные нагрузки.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Принципы построения схем тепловых сетей.
2. Схема магистральной теплосети с КРП и перемычками.
3. Основные расчетные зависимости гидравлического расчета тепловых сетей. Расчет потерь давления на трение.
4. Расчет потерь давления на местные сопротивления.
5. Методика гидравлического расчета разветвленных водяных тепловых сетей.
6. Определение расчетных расходов теплоносителя в водяных теплосетях.
7. Построение пьезометрического графика в тепловых сетях. Требования к линиям графика.
8. Выбор схем присоединения систем отопления в зависимости от пьезометрического графика.

**ТЕМА 6. Конструкции и расчет трубопроводов.** Конструкции подземной и надземной прокладки трубопроводов тепловой сети. Трасса и профиль тепловой сети. Трубопроводы и арматура для тепловых сетей. Строительные конструкции тепловых сетей - колодцы, каналы. Компенсаторные ниши, углы поворотов трассы, подвижные и неподвижные опоры, воздухоудаление и дренаж теплоносителя. Механический расчет тепловых сетей: определение расстояния между подвижными опорами; нагрузки на неподвижные опоры трубопроводов; понятие разгруженой и неразгруженной неподвижной опоры; выбор способа компенсации температурных удлинений и типа компенсаторов; расчет П-образного компенсатора, расчет сальникового компенсатора, расчет углов поворотов теплотрассы.

**Литература:**

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 151-180.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 142-182.

3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 305-341.

Теплопроводы прокладывают подземным или надземным способом. Подземный способ является основным в жилых районах, так как при этом не загромождается территория и не ухудшается архитектурный облик города. Надземный способ применяют обычно на территориях промышленных предприятий при совместной прокладке энергетических и технологических трубопроводов. В жилых районах надземный способ используют только в особо тяжелых условиях вечномерзлотные и проседающие при оттаивании грунты, заболоченные участки, большая густота существующих подземных сооружений, сильно изрезанная оврагами местность, пересечение естественных и искусственных препятствий.

**Подземные теплопроводы** в настоящее время прокладывают в проходных и непроходных каналах (применявшиеся ранее полупроходные каналы сейчас не используют) или бесканальным способом. Кроме того, в жилых микрорайонах распределительные сети прокладывают иногда в технических подпольях (коридорах, тоннелях) зданий, что удешевляет и упрощает строительство и эксплуатацию.

Глубина заложения теплопроводов от верхнего уровня каналов или изоляционной конструкции (при бесканальной прокладке) доповерхности земли составляет 0,5—0,7 м. При высоком уровне грунтовых вод его искусственно снижают устройством попутного дренажа из гравия, песка и дренажных труб под каналом или изоляционной конструкцией.

Бесканальную прокладку применяют обычно для труб небольших диаметров (до 200—300 мм), так как при прокладке таких труб в непроходных каналах условия их работы получаются практически более рудными (из-за заноса воздушного зазора в каналах грязью и сложности удаления лаги из каналов при этом). В последние годы в связи с повышением надежности бесканальной прокладки теплопроводов (путем внедрения сварки, более совершенных теплоизоляционных конструкций и др.) ее начинают использовать и для труб больших диаметров 500 мм и более).

**Надземные теплопроводы** прокладывают на отдельно стоящих опорах (низких и высоких) и мачтах, на эстакадах со сплошным пролетным строением в виде ферм или балок и на тягах, прикрепленных к верхушкам мачт (вантовые конструкции). На промышленных предприятиях применяют иногда упрощенные прокладки: на консолях (кронштейнах) по конструкциям зданий и подставках (подушках) по крышам зданий.

Для строительства тепловых сетей используют стальные трубы, соединяемые при помощи электрической или газовой сварки Стальные

трубы подвергаются внутренней и наружной коррозии, что снижает срок службы и надежность тепловых сетей.

В последние годы ведутся работы по использованию для теплоснабжения неметаллических труб (асбестоцементных, полимерных, стеклянных и др.). К их достоинствам относится высокая антикоррозионная устойчивость, а у полимерных и стеклянных труб и более низкая шероховатость по сравнению со стальными трубами. Асбестоцементные и стеклянные трубы, соединяют при помощи специальных конструкций, а полимерные трубы — на сварке, что значительно упрощает монтаж и повышает надежность и герметичность соединений.

Арматура, применяемая в тепловых сетях, по назначению подразделяется на запорную, регулировочную, предохранительную (защитную), дросселирующую, конденсатоотводящую и контрольно-измерительную.

**Компенсационные устройства** в тепловых сетях служат для устранения (или значительного уменьшения) усилий, возникающих при тепловых удлинениях труб. В результате снижаются напряжения в стенках труб и силы, действующие на оборудование и опорные конструкции.

Для компенсации удлинения труб применяют специальные устройства — компенсаторы, а также используют гибкость труб на поворотах трассы тепловых сетей (естественную компенсацию).

По принципу работы **компенсаторы** подразделяют на *осевые и радиальные*. Осевые компенсаторы устанавливают на прямолинейных участках теплопровода, так как они предназначены для компенсации усилий, возникающих только в результате осевых удлинений. Радиальные компенсаторы устанавливают на теплосети любой конфигурации, так как они компенсируют как осевые, так и радиальные усилия. Естественная компенсация не требует установки специальных устройств, поэтому ее необходимо использовать в первую очередь.

В тепловых сетях находят применение осевые компенсаторы двух типов: **сальниковые и линзовые.**

**Опоры** в тепловых сетях устанавливают для восприятия усилий, возникающих в теплопроводах, и передачи их на несущие конструкции или грунт. В зависимости от назначения их подразделяют на *подвижные (свободные) и неподвижные (мертвые).*

В настоящее время находят применение подвижные опоры следующих основных типов: скользящие, катковые (шариковые) и подвесные с жесткими и пружинными подвесками.

**Неподвижные опоры** предназначены для закрепления трубопровода в отдельных точках, разделения его на независимые по температурным деформациям участки и для восприятия усилий, возникающих на этих участках, что устраняет возможность последовательного нарастания

усилий и передачу их на оборудование и арматуру. Изготовляют эти опоры, как правило, из стали или железобетона.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Выбор направления трассы тепловых сетей. Учет внешних условий при трассировке тепловых сетей.
2. Построение продольного профиля теплотрассы. Уклоны, дренаж, глубина заложения тепловых сетей.
3. Подземная канальная прокладка теплопроводов. Типы применяемых каналов.
4. Подземная бесканальная прокладка теплопроводов. Конструкции тепловой изоляции при бесканальной прокладке.
5. Надземная прокладка теплопроводов. Конструкции теплопроводов.
6. Теплофикационные камеры и компенсаторные ниши. Назначение и устройство.
7. Защита подземных прокладок от грунтовых и поверхностных вод.
8. Пересечение теплопроводов с различными инженерными сооружениями.
9. Переходы теплопроводов через овраги, реки, водоемы.
10. Защита теплопроводов от наружной коррозии.
11. Трубы в тепловых сетях. Требования к ним. Материалы для труб.
12. Запорная арматура в тепловых сетях. Места размещения запорной арматуры.
13. Воздушники и спускники. Подбор, места установки.
14. Компенсация температурных удлинений. Определение удлинения, напряжения, силы от температурных деформаций.
15. Радиальные компенсаторы. Подбор П-образного компенсатора.
16. Методика проверки угла поворота трассы на самокомпенсацию.
17. Осевые компенсаторы. Методика подбора сальникового компенсатора.
18. Типы подвижных опор. Их назначение. Определение усилий действующих на подвижные опоры.
19. Назначение и типы неподвижных опор. Определение усилий действующих на неподвижные опоры. Места размещения неподвижных опор.
20. Теплоизоляционные конструкции. Требования к ним. Технология нанесения на трубы.

**ТЕМА 7. Тепловой расчет трубопроводов.** Задачи и основные расчетные зависимости теплового расчета изоляции трубопроводов. Методика теплового расчета. Расчет теплопотерь трубопроводами при воздушной, подземной канальной и бесканальной многотрубной

прокладке теплопроводов. Коэффициент эффективности тепловой изоляции. Падение температуры теплоносителя по длине трубопровода. Современные конструкции и материалы для тепловой изоляции трубопроводов.

**Литература:**


1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 236-243.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 234-259.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 341-353.


Задачами теплового расчета являются:

- определение потерь тепла через трубопровод и изоляцию в окружающую среду,
- расчет падения температуры теплоносителя при движении его по теплопроводу,
- определение экономически наивыгоднейшей толщины изоляции.

Методика расчета теплопотсрь зависит от условий прокладке теплопроводов.

При надземной прокладке теплопотери изолированным трубопроводом в окружающую среду, отнесенные к 1 м длины трубопровода Q, Вт/м, рассчитываются как теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку, окруженную воздушной средой.

Термические сопротивления теплоотдачи соответственно от теплоносителя к стенке трубопровода и от наружной поверхности к окружающему воздуху будут равны

$$R_в=1/\alpha_в\pi d_в; \qquad R_н=1/\alpha_н\pi d_н;$$

Термическому сопротивлению н-го слоя изоляции соответствует

$$R_i=1/2\pi\lambda_i\ell n(d_{iн}/d_{iв)}$$

Единица термического сопротивления — °С/(Вт/м). Из анализа наименования единицы можно дать следующую интерпретацию его физического смысла: термическое сопротивление численно равно перепаду температур, $^0$С, на этом сопротивлении при прохождении через него единичного теплового потока, отнесенного к 1 м длины трубопровода, Вт/м. Следовательно, чтобы найти действительный перепад температур, достаточно термическое сопротивление умножить на величину теплового потока. Такой способ позволяет достаточно просто находить температуру в любом слое изолированного трубопровода.

Термическое сопротивление теплоотдачи от теплоносителя к трубопроводу и термическое сопротивление стенки трубопровода весьма малы по сравнению с термическим сопротивлением изоляции, поэтому в практических расчетах ими можно пренебречь. Вместе с тем необходимо учитывать дополнительные потери через неизолированные части теплопровода (арматуру, опоры, компенсаторы). Их учитывают в долях теплопотерь теплопроводом.

При прокладке теплопровода в грунте последний представляет собой определенное термическое сопротивление. Тепловой поток направлен от теплоносителя (через стенку трубопровода, тепловую изоляцию и грунт) к поверхности земли и далее в окружающую среду.

При расчетах внешнее термическое сопротивление часто не учитывают, в таком случае за расчетную температуру принимают температуру грунта на глубине заложения теплопровода.

При бесканальной прокладке двух параллельных или нескольких теплопроводов температурные поля отдельных теплопроводов складываются и тепловые потоки взаимодействуют. Если один теплопровод имеет более высокую температуру, чем второй, то теплопотери второго теплопровода будут уменьшены, а при большой разнице температур второй теплопровод вообще может не иметь теплопотерь. Для расчета теплопотерь параллельных теплопроводов при бесканальной прокладке в грунте, используют принцип наложения температурных полей, создаваемых каждым теплопроводом отдельно.

Метод расчета теплопотерь многотрубных теплопроводов при бесканальной прокладке был разработан Е. П. Шубиным. Для учета влияния параллельно проложенных теплопроводов вводится условное дополнительное термическое сопротивление $R_0$.

В ряде случаев возникает необходимость в расчете температурного поля в грунт вблизи проложенных теплопроводов.

При расчете теплопотерь теплопроводов, проложенных в каналах, учитывают следующие термические сопротивления: изоляция, теплоотдачи от изоляции к воздуху канала, теплоотдачи от воздуха канала к его стенке, стенок канала и грунта. Определение теплопотерь одиночного теплопровода в канале сводится к подсчету всех термических сопротивлений и расчету теплового потока.

Каналы имеют прямоугольное сечение, поэтому при расчете термического сопротивления необходимо определить эквивалентный диаметр.

При расчете нескольких теплопроводов, проложенных в каналах, для учета их взаимного влияния вначале необходимо определить температуру воздуха в канале по тепловому балансу, а затем — теплопотери каждым трубопроводом в канале. Тепловой баланс составляет следующим образом: общие теплопотери всеми теплопроводами в канале равны теплопотерям из канала в окружающую среду.

При движении теплоносителя по трубопроводам в результате потерь тепла в окружающую среду температура его падает Рассчитать падение температуры для участка длиной ℓ можно на основании теплового баланса потери тепла в окружающую среду равны уменьшению теплосодержания теплоносителя

Если падение температуры небольшое и составляет 3—4%, то расчет можно вести в предположении постоянства удельных теплопотерь и определять их по начальному состоянию теплоносителя. При больших падениях температуры при расчетах следует учитывать изменение удельных теплопотерь с уменьшением температуры теплоносителя.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Тепловой расчет сети. Основные расчетные зависимости. Удельный тепловой поток. Термическое сопротивление труб при различной прокладке.
2. Определение термического сопротивления цилиндрического слоя, цилиндрической поверхности.
3. Термическое сопротивление грунта.
4. Тепловой расчет надземных теплопроводов.
5. Тепловой расчет подземных теплопроводов при бесканальной прокладке.
6. Тепловой расчет подземных теплопроводов при канальной прокладке.
7. Расчет температурных полей вокруг подземных теплопроводов.
8. Тепловые потери и коэффициент эффективности тепловой изоляции.
9. Падение температуры теплоносителя и выделение конденсата.

**ТЕМА 8. Гидравлический режим тепловых сетей.** Гидравлическая характеристика системы. Расчет гидравлического режима закрытой системы теплоснабжения. Расчет гидравлического режима открытой системы теплоснабжения. Гидравлические характеристики регулирующих органов. Гидравлическая устойчивость тепловой сети. Выбор места расположения нейтральной точки. Виды разрегулировок тепловой сети. Гидравлические режимы тепловой сети с насосными, дросселирующими и тепловыми подстанциями. Расчет потокораспределения в кольцевых тепловых сетях. Работа тепловых сетей от двух теплоисточников. Понятие о гидравлическом ударе.

**Литература:**

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 206-236.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана

воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 195-220.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 216-249.

При проектировании и эксплуатации тепловых сетей пользуется единицей гидравлического напора наряду с давлением.

Напор представляет собой давление, выраженное обычно в линейных единицах, м , столба той жидкости, которая передается по трубопроводам. Напор и давление связаны зависимостью или потеря напора $\Delta H=\Delta P/\gamma$, м

где H - напор, м;

P - давление теплоносителя, кг/м2;

$\gamma$ - уд.вес теплоносителя, кг/м3.

Полный напор отсчитывается от одного общего горизонтального уровня. Напор, отсчитанный от оси прокладки трубопровода в данной точке, наз. пьезометрическим напором.

При проектировании и эксплуатации тепловой сети широко используется пьезометрический график, который позволяет определить: гидравлический режим тепловой сети; геодезический профиль района; высотность абонентских зданий, потерю напора в тепловой сети и абонентских вводах.

На пьезометрическом графике в определенном масштабе нанесены рельеф местности, высоты присоединенных зданий, величина напора в сети. По графику легко определить напор (давление) и располагаемый напор (перепад давлений) в любой точке сети и абонентской системы.

Проектирование сети без учета пьезометрического графика, особенно в условиях сложного рельефа, может привести к нерациональному присоединению абонентов, усложнению теплоподогревательной установки на ТЭЦ, сооружение насосных подстанций и усложнению эксплуатации.

Под гидравлической устойчивостью понимают, способность системы поддерживать заданный гидравлический режим.

Чем устойчивее система, тем меньшее влияние гидравлического режима всей системы на гидравлический режим отдельных абонентских установок.

При питании разнородных нагрузок от общей тепловой сети, невозможно добиться идеальной гидравлической устойчивости без авторегулирования абонентских вводов.

Для количественной оценки гидравлической устойчивости местной системы пользуются коэффициентом гидравлической устойчивости, под которым понимается отношение расчетного расхода воды в местной системе к максимально возможному расходу воды через нее.

Гидравлическая устойчивость абонентских систем, тем выше, чем меньше потеря напора в тепловой сети и чем больше потеря на абонентском вводе.

Чем ближе к единице коэффициент гидравлической устойчивости, тем устойчивее гидравлический режим, который равен 1.

При установке авторегуляторов на абонентском вводе коэффициент гидравлической устойчивости равен единице.

Для повышения гидравлической устойчивости системы надо все избытки напора, имеющиеся в сети, поглощать при помощи сопротивлений (сопла элеваторов, шайбы) или при помощи регулировочных клапанов на абонентском вводе. В сети необходимо снижать сопротивления, работая всегда с полностью открытыми задвижками. Для обеспечения надежной работы тепловых сетей и местных систем, в одной из точек тепловой сети искусственно изменяют давление по определенному закону в зависимости от расхода воды в сети.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Переменные гидравлические режимы закрытых систем теплоснабжения.
2. Гидравлическая устойчивость. Коэффициент гидравлической устойчивости.
3. Регулирование давления. Точки регулирования давления. Нейтральные точки.
4. Переменные режимы открытых систем теплоснабжения.
5. Подбор сетевых и подпиточных насосов.
6. Насосные подстанции в тепловых сетях.

**ТЕМА 9. Паровые системы теплоснабжения.** Схемы систем. Область применения. Системы сбора и возврата конденсата. Расчет конденсатопроводов. График давлений. Конденсатоотводчики. Пароводяные теплообменники и особенности их расчета. Схемы присоединения абонентских систем к паровым тепловым сетям.

**Литература:**


1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 49-54.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 182-220.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 53-57.

В данном разделе рассматриваются виды и назначение паровых систем теплоснабжения. Следует обратить внимание на то, что их могут сооружать двух типов: с возвратом конденсата и без возврата конденсата.

В практике промышленной теплофикации широко применяется однотрубная паровая система с возвратом конденсата.

Пар из отборов турбин поступает в однотрубную паровую сеть и транспортируется по ней к потребителям тепла.

Конденсат возвращается от потребителя на станцию по конденсатопроводу. На случай остановки турбины или недостаточной мощности отбора предусмотрена РОУ для подачи пара в сеть требуемых параметров.

Существуют следующие схемы присоединения однотрубной паровой системы с возвратом конденсата:

а) паровой отопительной установки по зависимой схемы;

б) водяной отопительной установки по независимой схеме;

в) установка горячего водоснабжения по независимой схеме;

г) технологических аппаратов;

д) технологических аппаратов с местной компрессией и электродвигателя.

В тех случаях, когда давление паровой сети ниже давления, требуемого отдельным потребителям, оно может быть искусственно повышено у абонентов при помощи компрессора. Для этого применяются поршневые, ротационные и центробежные компрессоры с электрическим или механическим приводом (д).

Имеются и несколько схем паровых систем без возврата конденсата:

а) схема присоединения водяной отопительной установки и горячей воды;

б) схема присоединения паровой отопительной установки и горячего водоснабжения;

в) схема присоединения установки горячего водоснабжения /барботажный подогрев в баке.

Необходимо обратить внимание на преимущества схем без возврата конденсата:

1. Отсутствие дорогостоящих поверхностных подогревателей, замена их смешивающими.

2. Отсутствие конденсатопровода снижает расход эл. энергии на перекачку конденсата.

Недостатки:

1. Увеличение водоподготовки на источнике тепла ввиду того, что нет конденсата.

**<u>Вопросы для самоконтроля:</u>**

1. Паровые системы теплоснабжения.
2. Схемы присоединения местных систем теплопотребления к паровым системам с возвратом конденсата.

3. Схемы присоединения местных систем теплопотребления к паровым системам без возврата конденсата.
4. Схемы сбора и транспорта конденсата.

**ТЕМА 10. Источники тепла.** Централизованные и децентрализованные источники теплоснабжения. Основное и вспомогательное оборудование. Мощность истопников тепла. Подбор теплофикационной турбины и пикового котла. Подбор сетевых и подпиточных насосов закрытой или открытой схемы теплоснабжения. Альтернативные источники тепла. Применение, оборудование, перспективы использования.

**Литература:**

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Терлецкая Е.Н. Теплоснабжение: Учебник для вузов/М.: Стройиздат, 1982. **Страницы**: 270-293.
2. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко.- М: Изд-во АСВ, 2012. **Страницы**: 259-301.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов.- 8-е изд., стереот. / Е.Я Соколов.- М.: Издательский дом МЭИ, 2006. **Страницы**: 257-301.

Источниками теплоснабжения служат: теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), районные котельные, установки по использованию вторичных энергоресурсов, геотермальные воды и лучистая энергия солнца.

Для выбора оптимального источника теплоснабжения необходимо большое количество исходных данных. К ним относятся, прежде всего, требования потребителя к тепловой энергии (вид и параметры теплоносителя), характер и графики потребления теплоты в течение суток и года, возможность возврата охлажденного теплоносителя и его параметры, расположение потребителей теплоты и их величина, иногда называемые *«тепловой плотностью потребителей»*, характеристики и стоимость топлива, наличие водных ресурсов и их величина, качество воды и ряд других сведений. Все эти сведения обычно получают из опросных листов потребителя, для которого должен быть разработан проект источника теплоснабжения.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Классификация котельных по характеру тепловых нагрузок, надежности отпуска теплоты и размещению.
2. Основные принципы построения тепловых схем котельных.
3. Основные задачи расчета тепловой схемы котельной.
4. Определение расчетной производительности котельной. Выбор основного оборудования.

5. Тепловая схема котельной с паровыми котлами.
6. Тепловая схема котельной с водогрейными котлами.
7. Системы отпуска пара от ТЭЦ внешним потребителям.
8. Принципиальные схемы отпуска горячей воды от ТЭЦ.
9. Принципиальная схема тепловой части электростанции.
10. Теплофикационные газотурбинные установки (ГТУ).
11. Теплофикационные парогазовые установки (ПГТУ). Теплоподготовительные системы КЭС.
12. Особенности отпуска теплоты от атомных электростанций.
13. Принципиальная схема теплоподготовительной установки атомной ТЭЦ.

## 3. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Примерный перечень тем курсовых проектов:

- Централизованное теплоснабжение района города Астрахань.
- Централизованное теплоснабжение района города Воронеж.
- Централизованное теплоснабжение района города Нижний Новгород.
- Централизованное теплоснабжение района города Смоленск.
- Централизованное теплоснабжение района города Самара.
- Централизованное теплоснабжение района города Санкт-Петербург.
- Централизованное теплоснабжение района города Москва.
- Централизованное теплоснабжение района города Ростов на Дону.
- Централизованное теплоснабжение района города Тула.
- Централизованное теплоснабжение района города Челябинск.

Курсовой проект по дисциплине «Централизованное теплоснабжение» включает:

- определение тепловых нагрузок,
- построение графиков тепловых нагрузок (часовых и годовых),
- построение графика центрального качественного регулирования,
- гидравлический расчет тепловой сети, построение пъезометра,
- подбор сетевых и подпиточных насосов,
- конструктивный расчет тепловых сетей (опоры, компенсаторы, каналы),
- определение толщины тепловой изоляции,

- расчет подогревателей в ЦТП (водоводяных),
- расчет подогревателей на ТЭЦ (пароводяных).

Выполнение курсового проекта по Централизованному теплоснабжению производится по методическим указаниям «Теплоснабжение», «Теплоснабжение района города (гидравлический расчет)» и оформление курсового проекта с учетом требований методических указаний «Теплоснабжение района города».

Выполнение раздела «**Основное подготовительное оборудование источника тепла»** производим в следующей последовательности по представленным формулам с использованием указанных таблиц.

1. **Подбор теплофикационной турбины и пикового водогрейного котла.** По заданию источником тепла является ТЭЦ. Производительность и тип теплофикационной турбины определяется исходя из величины тепловой нагрузки района, удовлетворяемой за счет отборов турбины. Расчетная тепловая нагрузка отборов

$$Q_{отб}=\alpha_T \cdot \Sigma Q, \text{ МВт},$$

где $\Sigma Q$ - сумма тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, МВт;

$\alpha_T$ - коэффициент теплофикации, $\alpha_T$ = 0,6.

По величине $Q_{отб}$ выбираем турбину отопительного типа по таблице №1.

Марки и основные параметры стационарных теплофикационных турбин

Таблица №1.

| Тип турбины | Номинальная мощность, МВт | Давление свежего пара, МПа | Температура свежего пара, °С | Номинальный расход свежего пара, т/ч | Расход пара в отборе, т/ч |
|---|---|---|---|---|---|
| Т-25/60-90 | 25 | 9 | 535 | 130 | 92 |
| Т-50/60-130 | 55 | 13 | 565 | 256 | 180 |
| Т-100/120-130 | 105 | 13 | 565 | 460 | 310 |
| Т-170/205-130 | 170 | 13 | 565 | 738 | 520 |

Тепловая мощность пикового источника, МВт,

$$Q_П=\Sigma Q\ (1-\alpha_T)$$

В качестве пикового источника тепла принимаем пиковый водогрейный котел по таблице №2.

Основные данные стальных водогрейных котлов

Таблица №2.

| Типоразмер | Расчетная теплопроизводительность, МВт | Расчетный расход воды, кг/с | Расчетные температуры воды, °С | |
|---|---|---|---|---|
| | | | на входе | на выходе |
| КВ-ГМ-6,5 | 7,55 | 22,2 | 70 | 150 |
| ТВГ-8М | 9,65 | 29 | 70 | 150 |
| КВ-ГМ-10 | 11,6 | 34,3 | 70 | 150 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| КВ-ГМ-20 | 23,3 | 68,7 | 70 | 150 |
| КВ-ГМ-30 | 35 | 103 | 70 | 150 |
| КВ-ГМ-50 | 58 | 172 | 70 | 150 |

**2. Подбор сетевых и подпиточных насосов.**

***Закрытая система***. Требуемый напор сетевого насоса

$$H_{СН} = H_{СН} + H_{П} + H_{О} + H_{АБ},$$

где $H_{СН}$ - потеря напора в станционных коммуникациях и водонагревательной установке (20÷25 м);

$H_{П}$, $H_{О}$ - потери напора в подающей и обратной линиях тепловой сети, определяются гидравлическим расчетом, м;

$H_{АБ}$ - потери напора у абонента (для закрытой системы можно принимать 20-25 м, для открытой 10-15 м).

Подача сетевого насоса $G_{сн}$ должна обеспечить расчетный расход теплоносителя $G$. По таблице №3 принимаем к установке сетевой насос, обеспечивающий требуемые параметры.

Основные технические характеристики сетевых насосов

Таблица №3.

| Тип насосса | Подача м /с (м /ч) | Напор, м | Допустимый кавитационный запас, м ст.ж., не менее | Давление на входе в насос, МПа (кгс/см ) не более | Частота вращения (синхронная), 1/с (1/мин) | Мощность, кВт | КПД, %, не менее | Температура перекачиваемой воды, К(°С), не более | Масса насоса, кг |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| СЗ-160-50 | 0,044(160) | 50 | 5,5 | 0,39 4 | 50(3000) | 29 | 73 | | - |
| СЗ-160-70 | 0,044(160) | 70 | 5,5 | 0,39 4 | 50(3000) | 37 | 79 | | - |
| СЗ-160-100 | 0,044(160) | 100 | 5,5 | 0,39 4 | 50(3000) | 59 | 71 | 393(120) | - |
| СЗ-250-50 | 0,069(250) | 50 | 7 | 0,39 4 | 50(3000) | 41 | 80 | | - |
| СЗ-320-110 | 0,089(320) | ПО | 8 | 0,39 4 | 50(3000) | 114 | 80 | | - |
| СЗ-500-70-11 | 0,139(500) | 70 | 10 | 1,08 11 | 50(3000) | 103 | 82 | | 1034 |
| СЗ-500-70-16 | 0,139(500) | 70 | 10 | 1,57 16 | 50(3000) | 103 | 82 | | 1034 |
| СЗ-500-140 | 0,139(500) | 140 | 10 | 1,57 16 | 50(3000) | 210 | 81 | | - |
| СЗ-800-55-11 | 0,221(800) | 55 | 5,5 | 1,08 11 | 25(1500) | 132 | 81 | | 1514 |
| СЗ-800-55-16 | 0,221(800) | 55 | 5,5 | 1,57 16 | 25(1500) | 132 | 81 | | 1514 |
| СЗ-800-100-11 | 0,221(800) | 100 | 5,5 | 1,08 11 | 25(1500) | 243 | 80 | | 3035 |
| СЗ-800-100-16 | 0,221(800) | 100 | 5,5 | 1,57 16 | 25(1500) | 243 | 80 | 453(180) | 3035 |
| СЗ-800-160 | 0,221(800) | 160 | 14 | 1,57 16 | 50(3000) | 378 | 82 | | - |
| СЗ-1250-45-11 | 0,347(1250) | 45 | 7,5 | .1,08 11 | 25(1500) | 166 | 82 | | 2125 |
| СЗ-1250-45-25 | 0,347(1250) | 45 | 7,5 | 2,45 25 | 25(1500) | 166 | 82 | | 2125 |
| СЗ-1250-70-11 | 0,347(1250) | 70 | 7,5 | 1,08 11 | 25(1500) | 260 | 82 | | 1621 |
| СЗ-1250-70-16 | 0,347(1250) | 70 | 7,5 | 1,57 16 | 25(1500) | 260 | 82 | | 1621 |
| СЗ-1250-100 | 0,347(1250) | 100 | 7,5 | 1,57 16 | 25(1500) | 370 | 82 | | - |
| СЗ-1250-140-11 | 0,347(1250) | 140 | 7,5 | 1,08(11) | 25(1500) | 518 | 82 | | 4141 |
| СЗ-1250-140-16 | 0,347(1250) | 140 | 7,5 | 1,57(16) | 25(1500) | 518 | 82 | | 4141 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| СЗ-1600-50 | 0,445(1600) | 50 | 8,5 | 2,45(25) | 25(1500) | 234 | 83 | | - |
| СЗ-1600-80 | 0,445(1600) | 80 | 8,5 | 1,57(16) | 25(1500) | 388 | 80 | | - |
| СЗ-2000-100 | 0,555(2000) | 100 | 22 | 1,57(16) | 50(3000) | 572 | 85 | 453(180) | - |
| СЗ-2000-140 | 0,555(2000) | 140 | 22 | 1,57(16) | 50(3000) | 810 | 84 | | - |
| СЗ-2500-60-11 | 0,695(2500) | 60 | 12 | 1,08(11) | 25(1500) | 422 | 86 | | 3770 |
| СЗ-2500-60-25 | 0,695(2500) | 60 | 12 | 2,45(25) | 25(1500) | 422 | 86 | | - |
| СЗ-2500-180-16 | 0,695(2500) | 180 | 28 | 1,57(16) | 50(3000) | 1380 | 84 | | - |
| СЗ-2500-180-10 | 0,695(2500) | 180 | 28 | 0,98(10) | 50(3000) | 1380 | 84 | | 2277 |
| СЗ-3200-70 | 0,890(3200) | 70 | 15 | 0,98(10) | 25(1500) | 672 | 86 | | - |
| СЗ-3200-100 | 0,890(3200) | 100 | 15 | 0,98(10) | 25(1500) | 898 | 86 | 393(120) | - |
| СЗ-3200-160 | 0,890(3200) | 160 | 32 | 0,98(10) | 50(3000) | 1530 | 86 | | - |
| СЗ-5000-70-6 | 1,390(5000) | 70 | 15 | 0,59(6) | 25(1500) | 1035 | 87 | | 5220 |
| СЗ-5000-70-10 | 1,390(5000) | 70 | 15 | 0,98(10) | 25(1500) | 1035 | 87 | | 5220 |
| СЗ-5000-100 | 1,390(5000) | 100 | 15 | 1,57(16) | 25(1500) | 1340 | 87 | 453(180) | - |
| СЗ-5000-160 | 1,390(5000) | 160 | 40 | 0,98(10) | 50(3000) | 2340 | 87 | 393(120) | 4870 |

Число сетевых насосов следует принимать не менее двух, один из которых - резервный; при пяти рабочих сетевых насосах, соединенных параллельно в одной группе, допускается резервный насос не устанавливать.

Требуемый напор подпиточного насоса

$$H_{НП}=H'_{СТ} - H_Б + \Delta H_{ПЛ}$$

где $H'_{СТ}$ - высота статического давления, определяется по пьезометрическому графику;

$H_Б$ - высота бака подпиточной воды, м; $H_Б = 2$ м;

$\Delta H_{ПЛ}$ - потеря напора в подпиточной линии, м; $\Delta H_{ПЛ} = 3$ м.

Подача подпиточного насоса $G_{ПН}$ в закрытой системе теплоснабжения должна компенсировать утечку теплоносителя $G_{ут}$. Величина утечки принимается в размере 0,75% от объема системы теплоснабжения $V_{сист}$. При удельном объеме системы 65 м$^3$/МВт и суммарном тепловом потоке $\Sigma Q$, МВт, объем системы

$$V_{сист} = 65 \cdot Q \text{ , м}^3$$

Величина утечки $G_{ут}$ , м$^3$ /ч,

$$G_{ут} = 0{,}0075 \ V_{сист}$$

По таблице принимаем к установке подпиточный насос, обеспечивающий требуемые параметры таблица №4.

Центробежные насосы типа К.

Таблица №4.

| Марка насоса | Производительность, м$^3$/ч | Полный напор, м | Частота вращения колеса, об/мин | Рекомендуемая мощность электродвигателя, | Диаметр рабочего колеса, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 1К-6 | 6-11-14 | 20-17-14 | 2900 | 137 | 128 |
| 1,5 К-ба | 5-913 | 16-14-11 | | 1,7 | 115 |
| 1,5 К-66 | 4-9-13 | 12-11-9 | | 1,0 | 105 |
| 2К-6 | 10-20-30 | 34-31-24 | | 4,5 | 162 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 К-ба | 10-20-30 | 28-25-20 | | 2,8 | 148 |
| 2 К-66 | 10-20-25 | 22-18-16 | | 2,8 | 132 |
| 2К-9 | 11-20-22 | 21-18-17 | | 2,8 | 129 |
| 2К-9а | 10-17-21 | 16-15-13 | | 1,7 | 118 |
| 2К-96 | 10-15-20 | 13-12-10 | | 1,7 | 106 |
| ЗК-6 | 30-45-70 | 62-57-44 | | 14-20 | 218 |
| ЗК-ба | 30-50-65 | 45-37-30 | | 10-14 | 192 |
| ЗК-9 | 30-45-54 | 34-31-27 | | 7,0 | 168 |
| ЗК-9а | 25-85-45 | 24-22-19 | | 4,5 | 143 |
| 4К-6 | 65-95-135 | 98-91-72 | | 55 | 272 |
| 4 К-ба | 65-85-125 | 82-76-62 | | 40 | 250 |
| 4К-8 | 70-90-120 | 59-55-43 | | 28 | -218 |
| 4К-8а | 70-90-109 | 48-43-37 | | 20 | 200 |
| 4К-12 | 65-90-120 | 37-34-28 | | 14 | 174 |
| 4 К-12а | 60-85-110 | 31-28-23 | | 14 | 163 |
| 4К-18 | 60-80-100 | 25-22-19 | | 7,0 | 148 |
| 4К-18а | 50-70-90 | 20-18-14 | | 7,0 | 136 |
| 6К-8 | 110-140-190 | 36-36-31 | 1450 | 28 | 328 |
| 6К-8а | 110-140-180 | 30-28-25 | | 20 | 300 |
| 6К-86 | 110-140-180 | 24-22-18 | | 20 | 275 |
| 6К-12 | 110-160-200 | 22-20-17 | | 14 | 264 |
| 6К-12а | 95-150-180 | 17-15-12 | | 10 | 240 |
| 8К-12 | 220-280-340 | 32-29-25 | | 40 | 315 |
| 8 К-12а | 200-250-290 | 26-24-21 | | 28 | 290 |
| 8К-18 | 220-285-360 | 20-18-15 | | 20 | 268 |
| 8К-18а | 200-260-320 | 17-15-12 | | 20 | 250 |

Число подпиточных насосов следует принимать не менее двух, один из которых - резервный.

***Открытая система***

Требуемая подача сетевого насоса $G_{CH}$ для открытой системы при $к_4$=1,4

$$G_{CH} = G_0 + G_V + k_4 \bullet G_{hm},$$

---

По таблице №3 принимаем к установке сетевой насос, обеспечивающий требуемые параметры.

Число сетевых насосов следует принимать не менее двух, один из которых -резервный; при пяти рабочих сетевых насосах, соединенных параллельно в одной группе, допускается резервный насос не устанавливать.

Требуемый напор подпиточного насоса

$$H_{НП}=H'_{СТ} - H_Б + \Delta H_{ПЛ}$$

где $H'_{СТ}$ - высота статического давления, определяется по пьезометрическому графику

$H_Б$ - высота бака подпиточной воды, м; $H_Б$ = 2 м;

$\Delta H_{ПЛ}$ - потеря напора в подпиточной линии, м; $\Delta H_{ПЛ}$ = 3 м.

Для подбора подпиточного насоса при его требуемом напоре $H_{пн}$, определим его подачу

$$G_{НП} = G_{ут} + G_{hmax}$$

Величина утечки принимается в размере 0,75% от объема системы теплоснабжения $V_{сист}$. При удельном объеме системы 70 м$^3$/МВт и суммарном тепловом потоке $\Sigma Q$ , МВт, объем системы

$$V_{сист} = 70 \bullet Q \text{ , м}^3$$

Величина утечки системы, м$^3$/ч,

$$G_{ут} = 0{,}0075 \bullet V_{сист}$$

Требуемая подача подпиточного насоса

$$G_{НП} = G_{ут} + G_{hmax},$$

Где

$$Q_{hmax} = 2{,}4 Q_{hm}$$

Принимаем к установке подпиточный насос, обеспечивающий требуемые параметры по таблице №4.

Число подпиточных насосов следует принимать не менее двух, один из которых - резервный.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ».

Таблица №5.

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Наименование лабораторного занятия | Наименование лаборатории | Учебно-наглядные пособия |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | Блочные тепловые пункты в системах централизованного теплоснабжения. | Системы теплоснабжения. | Методическая разработка по выполнению лабораторных работ «Централизованное теплоснабжение». Экскурсия. |
| 2 | 3 | Анализ расходов тепла в системах централизованного теплоснабжения | | |
| 3 | 4 | Исследование гидравлических тепловых режимов тепловых сетей. | | |
| 4 | 6 | Ознакомление с конструкциями тепловых сетей. | | |

При выполнении лабораторных работ необходимо использовать методические указания, разработанные на кафедре «Теплогазоснабжения и вентиляции» «Централизованное теплоснабжение».

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО КУРСУ «ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ».

Таблица №6.

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Наименование практического занятия |
|---|---|---|
| 1 | 2 | Системы горячего водоснабжения. Подбор оборудования |
| 2 | 3 | Определение расчетных тепловых нагрузок. Построение часовых и годовых графиков. |
| 3 | 4 | Построение графика регулирования смешанной тепловой нагрузки для закрытой системы теплоснабжения. |
| 4 | 5 | Гидравлический расчет закрытой системы теплоснабжения. Построение пьезометра. |
| 5 | 5 | Гидравлический расчет открытой системы теплоснабжения. Построение пьезометра. |
| 6 | 6 | Расчет и подбор неподвижной опоры. Расчет П-образного компенсатора. Расчет Г- и Z-образных участков сети на самокомпенсацию. |
| 7 | 6 | Построение профиля тепловой сети |
| 8 | 7 | Определение толщины тепловой изоляции. Расчет водоводяного ТО для СО |
| 9 | 7 | Технико-экономический расчет систем теплоснабжения |
| 10 | 8 | Расчет гидравлического режима закрытой тепловой сети. |
| 11 | 10 | Подбор теплофикационной турбины и пикового котла. |
| 12 | 10 | Подбор сетевых и подпиточных насосов закрытой или открытой схемы теплоснабжения. |

При выполнении практических работ необходимо использовать методические указания, разработанные на кафедре «Теплогазоснабжения и вентиляции» «Теплоснабжение», «Теплоснабжение района города (гидравлический расчет)».

# 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

## 6.1. Тестовые задания.

### ТЕСТ № 1

1. Назовите два основных источника теплоты для централизованного теплоснабжения.

1). Автономные котельные.
2). Крупные районные котельные.
3). ТЭЦ.
4). Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.
5). КЭС и АЭС.

2. Теплофикация – это:

1). Раздельная выработка электроэнергии на КЭС и теплоты на котельных.
2). Выработка теплоты на котельных.
3). Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на ТЭЦ.
4). Поквартирное отопление.

3. Назовите виды тепловых нагрузок, относящиеся к сезонным.

1). Технологическая.
2). Отопление.
3). Горячее водоснабжение.
4). Вентиляция.
5). Кондиционирование воздуха.

4. Какая температура наружного воздуха считается расчетной для отопления?

1). Абсолютная минимальная.
2). Средняя за отопительный период.
3). Средняя наиболее холодной пятидневки.
4). Средняя наиболее холодного воздуха.

5. Какое значение температуры холодной воды принимается для расчета нагрузки горячего водоснабжения в зимний период, а какое – в летний?

1). - 5°С.
2). 0°С.
3). 5°С.
4). 10°С.
5). 15°С.

### ТЕСТ № 2

6. Назовите тип водяной системы, в которой сетевая вода используется для системы горячего водоснабжения как теплоноситель, без водоразбора.

1). Открытая.
2). Закрытая.
3). Зависимая.
4). Комбинированная.

7. Назовите минимальное число параллельных линий в закрытой водяной системе.

1). Одна.
2). Две.
3). Три.
4). Четыре.

8. Назовите две основные схемы присоединения отопительных установок к тепловой сети.

1). Параллельная.
2). Зависимая.
3). Комбинированная.
4). Последовательная.
5). Независимая.

9. Какой из названных принципов регулирования тепловых нагрузок в большей степени снижает расход воды из тепловой сети?

1). По нагрузке отопления и вентиляции.
2). Связанный.
3). По нагрузке горячего водоснабжения.
4). По суммарной нагрузке.
5). Несвязанный.

10. Какая из паровых систем нашла наибольшее применение в практике промышленной теплофикации?

1). Без возврата конденсата.
2). Однотрубная с возвратом конденсата.
3). Многотрубная.
4). С возвратом конденсата.

## ТЕСТ № 3

11. Назовите тип котельной, которая осуществляет теплоснабжение технологических потребителей, а также дающая теплоту на нужды ОВ и ГВС.

1). Производственная.
2). Отопительная.
3). Производственно- отопительная.
4). Комбинированная.

12. На какое количество категорий делятся котельные по надежности отпуска теплоты потребителям?

1). Две.
2). Три.
3). Четыре.

5). Пять.

13. В котельной какой категории устанавливается резервный котел?

1). Первой.
2). Второй.
3). Третьей.
4). Четвертой.
5). Пятый.

14. Какое минимальное количество котлов и при каких условиях должно предусматриваться в котельной?

1). Один.
2). Два.
3). Три.
4). Четыре.

15. К какому типу по размещению относятся временные котельные?

1). Отдельно-стоящие.
2). Пристроенные.
3). Встроенные.
4). Крышные.

16. Назовите три режима работы котельной, по которым необходимо вести расчет тепловой схемы.

1). При температуре наружного воздуха наиболее холодных суток.
2). При температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (режим максимально-зимний).
3). При температуре наружного воздуха наиболее холодного воздуха.
4). При температуре наружного воздуха в начале отопительного периода.
5). При средней температуре наружного воздуха за отопительный период.
6). Летний.

17. При каком режиме определяется расчетная производительность котельной?

1). Наиболее холодных суток.
2). Максимально-зимний.
3).Наиболее холодного месяца.
4). При средней температуре за отопительный период.

18. Какую температуру воды на входе в стальные водогрейные котлы необходимо поддерживать?

1). Равной температуре точки росы уходящих из котлов дымовых газов.
2). Выше температуры точки росы уходящих газов.
3). Ниже температуры точки росы уходящих газов.
4). Любую по тепловому балансу котла.

19. Чем отличается тепловая схема котельной для открытой системы теплоснабжения от таковой для закрытой?

1). Набором основного оборудования.
2). Производительностью водоподготовительной установки для подпитки тепловой сети.

3). Объемом баков-аккумуляторов горячей воды.
4). Диаметром и количеством трубопроводов тепловой сети.

20. При какой температуре наружного воздуха включаются в работу пиковые водогрейные котлы?
1). +8 °С.
2). 0 °С.
3). -10 °С.
4). -20 °С и ниже.

21. Назначение газотурбинных установок.
1).Выработка электрической энергии.
2).Выработка тепловой энергии.
3). Комбинированная выработка теплоты и электроэнергии.
4). Выработка вторичных энергетических ресурсов для сторонних потребителей.

22. Откуда забирается теплота для систем централизованного теплоснабжения на конденсационных электрических станциях (КЭС)?
1). От регулируемых отборов турбин.
2). От нерегулируемых отборов турбин.
3).От противодавления турбин.
4). От специальных котлов.

## ТЕСТ № 4

23. Назовите место осуществления центрального регулирования тепловой нагрузки.
1). Источник теплоты (ТЭЦ или котельная).
2). ЦТП или ИТП.
3). Абонентские вводы.
4). Теплопотребляющие приборы.

24. Какой из способов центрального регулирования наиболее широко применяется в водяных системах?
1). Качественный.
2). Количественный.
3). Качественно – количественный.
4). Комбинированный.

25. Назовите два основных параметра, изменением которых можно центрально регулировать тепловую нагрузку.
1). Коэффициент теплопередачи нагревательных приборов.
2). Площадь включенной поверхности нагрева.
3). Температура греющего теплоносителя на входе в прибор.
4). Длительность работы системы.
5). Расход греющего теплоносителя.

26. По какому параметру выбирается тепловая мощность отборов турбин на ТЭЦ?
1). Максимум тепловой нагрузки.

2). Тепловая нагрузка самого холодного месяца.
3). Средняя тепловая нагрузка отопительного периода.
4). Комбинация тепловой мощности отборов турбин и пиковых водогрейных котлов.

## ТЕСТ № 5

27. Назовите основные принципы, которыми следует руководствоваться при выборе схемы тепловой сети.
1). Размещение источников теплоты.
2). Характер тепловой нагрузки потребителей теплоты.
3).Вид теплоносителя.
4). Надежность системы.
5). Экономичность.

28. На каком расстоянии друг от друга устанавливаются секционирующие камеры на магистральных тепловых сетях?
1). 0,5 – 1 км.
2). 2 – 3 км.
3). 3,5 – 4 км.
4). 4,5 – 5 км.

29. Из каких величин складывается перепад давлений на участке трубы?
1).Шероховатость внутренней поверхности трубы.
2). Линейное падение давления.
3). Местные потери давления.
4). Потери, связанные с видом прокладки теплопровода.

30. Назовите допускаемую температуру наружной поверхности изоляции при прокладке теплопровода в помещении.
1). 20°С.
2). 30°С.
3). 45°С.
4). 60°С.

31. Какими показателями пользуются при определении коэффициента эффективности изоляции?
1). Теплопотери голой трубы.
2). Теплопотери изолированной трубы.
3). Видом прокладки теплопровода.
4). Толщина и качество изоляционного слоя.

32. Расставьте в порядке возрастания нагрузки, вызывающие изгибающие напряжения в трубах тепловых сетей.
1). Давление теплоносителя.
2). Ветровые нагрузки.
3). Весовые нагрузки.
4).Нагрузки от сил трения в опорах.

33. Какие типы опор обеспечивают свободное перемещение трубопровода?
1). Скользящие.
2). Роликовые или катковые.
3). Подвесные.
4). Неподвижные.

## ТЕСТ № 6

34. При каком значении отношения тепловой нагрузки отопления к тепловой нагрузке горячего водоснабжения следует применять двухступенчатую схему присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения?
1). Меньше 0,2.
2). Больше 1,0, но меньше 1,5.
3). В пределах 0,2 – 1,0.
4). Больше 1,5.

35. Присоединение потребителей теплоты к тепловым сетям в тепловом пункте следует предусматривать по схемам, предусматривающим:
1). Максимальный расход сетевой воды.
2). Средний расход сетевой воды.
3). Минимальный расход воды в тепловых сетях.
4). Мгновенный (секундный) расход воды в системе горячего водоснабжения.

36. Какое количество водо-водяных подогревателей следует принимать для систем отопления зданий, сооружаемых в Северной строительно-климатической зоне?
1). Два параллельно включенных, каждый из которых должен рассчитываться на 100% тепловой нагрузки.
2). Два, рассчитанных на 75% тепловой нагрузки каждый.
3). Один.
4). Два, параллельно включенных в каждой ступени подогрева, рассчитанных на 100% тепловой нагрузки каждый – для систем горячего водоснабжения.

37. Назовите два основных требования к средствам автоматизации и контроля, которые должны обеспечить работу тепловых пунктов и насосных станций.
1). Без постоянного обслуживающего персонала.
2). С пребыванием персонала не более 50% рабочего времени.
3). С периодическим визуальным контролем работы оборудования.
4). С постоянным пребыванием обслуживающего персонала.

**6.2. Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине.**

1. Введение.
2. Современные центральные системы теплоснабжения и перспективы их развития.
3. Классификация тепловых нагрузок. Тепловое потребление.
4. Определение расходов теплоты для жилых и общественных зданий на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.
5. Суточные и сезонные графики потребления теплоты.
6. Годовой график расхода теплоты по месяцам и по продолжительности тепловой нагрузки.
7. Требования к качеству и температуре воды в системах ГВС.
8. Схемы систем ГВС.
9. Баки аккумуляторы в системах ГВС. Определение емкости бака-аккумулятора.
10. Гидравлический расчет подающей сети систем ГВС.
11. Требуемый напор в системе ГВС для открытых и закрытых систем.
12. Расчет циркуляционных трубопроводов.
13. Подбор насосов в системах ГВС.
14. Основные элементы систем теплоснабжения.
15. Теплоносители в системах теплоснабжения.
16. Водяная система теплоснабжения.
17. Открытые и закрытые водяные системы теплоснабжения. Их сравнение.
18. Присоединение местных систем теплопотребления к тепловым сетям.
19. Контрольно-измерительные приборы и предохранительная арматура в тепловых пунктах.
20. Центральные тепловые пункты. Оборудование.
21. Элеваторы в тепловых пунктах.
22. Смесительные насосы в тепловых пунктах.
23. Конденсатоотводчики.
24. Водоподогреватели в тепловых пунктах.
25. Тепловой и гидравлический расчет теплообменных аппаратов.
26. Методы регулирования.
27. Центральное качественное регулирование отопительной нагрузки.
28. Центральное количественное регулирование.
29. Качественно-количественное регулирование.
30. Отопительно-бытовой график регулирования в закрытых системах.
31. Регулирование отпуска тепла на вентиляцию.
32. Регулирование отпуска тепла в паровых системах теплоснабжения.
33. Принципы построения схем тепловых сетей.
34. Схема магистральной теплосети с КРП и перемычками.
35. Основные расчетные зависимости гидравлического расчета тепловых сетей. Расчет потерь давления на трение.

**36.** Расчет потерь давления на местные сопротивления.
**37.** Методика гидравлического расчета разветвленных водяных тепловых сетей.
**38.** Определение расчетных расходов теплоносителя в водяных теплосетях.
**39.** Построение пьезометрического графика в тепловых сетях. Требования к линиям графика.
**40.** Выбор схем присоединения систем отопления в зависимости от пьезометрического графика.
**41.** Переменные гидравлические режимы закрытых систем теплоснабжения.
**42.** Гидравлическая устойчивость. Коэффициент гидравлической устойчивости.
**43.** Подбор сетевых и подпиточных насосов.
**44.** Насосные подстанции в тепловых сетях.
**45.** Выбор направления трассы тепловых сетей. Учет внешних условий при трассировке тепловых сетей.
**46.** Построение продольного профиля теплотрассы. Уклоны, дренаж, глубина заложения тепловых сетей.
**47.** Подземная канальная прокладка теплопроводов. Типы применяемых каналов.
**48.** Подземная бесканальная прокладка теплопроводов. Конструкции тепловой изоляции при бесканальной прокладке.
**49.** Надземная прокладка теплопроводов. Конструкции теплопроводов.
**50.** Теплофикационные камеры и компенсаторные ниши. Назначение и устройство.
**51.** Защита подземных прокладок от грунтовых и поверхностных вод.
**52.** Пересечение теплопроводов с различными инженерными сооружениями.
**53.** Переходы теплопроводов через овраги, реки, водоемы.
**54.** Защита теплопроводов от наружной коррозии.
**55.** Трубы в тепловых сетях. Требования к ним. Материалы для труб.
**56.** Запорная арматура в тепловых сетях. Места размещения запорной арматуры.
**57.** Воздушники и спускники. Подбор, места установки.
**58.** Компенсация температурных удлинений. Определение удлинения, напряжения, силы от температурных деформаций.
**59.** Радиальные компенсаторы. Подбор П-образного компенсатора.
**60.** Методика проверки угла поворота трассы на самокомпенсацию.
**61.** Осевые компенсаторы. Методика подбора сальникового компенсатора.
**62.** Типы подвижных опор. Их назначение. Определение усилий действующих на подвижные опоры.

**63.** Назначение и типы неподвижных опор. Определение усилий действующих на неподвижные опоры. Места размещения неподвижных опор.

**64.** Теплоизоляционные конструкции. Требования к ним. Технология нанесения на трубы.

## 6.3. Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине.

1. Сущность теплофикации и её роль в централизованном теплоснабжении.
2. Структура централизованного теплоснабжения.
3. Общая характеристика, преимущества и недостатки централизованного и децентрализованного теплоснабжения.
4. Общая характеристика тепловых сетей.
5. Общая характеристика тепловых пунктов.
6. Классификация тепловых нагрузок.
7. Отопление зданий. Условие теплового равновесия здания.
8. Расчет теплопотерь теплопередачей через наружные ограждения здания.
9. Расчет расхода теплоты на вентиляцию общественных и коммунальных зданий. Кондиционирование воздуха.
10. Расход теплоты на технологические нужды и бытовое ГВС. Методика расчетов.
11. Расчет максимальных и средних тепловых нагрузок.
12. Годовые расходы теплоты и топлива. Методика расчетов.
13. Общая характеристика водяных систем теплоснабжения.
14. Закрытые водяные системы теплоснабжения. Область применения.
15. Открытые водяные системы. Преимущества и недостатки по сравнению с закрытыми.
16. Зависимые и независимые схемы присоединения установок ОВ к тепловым сетям.
17. Связанное и несвязанное регулирование установок ОВ и ГВС.
18. Однотрубная система теплоснабжения. Возможности её применения.
19. Паровые системы теплоснабжения. Пути совершенствования систем сбора и возврата конденсата.
20. Пароснабжение потребителей от ТЭЦ.
21. Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения.
22. Энергетические преимущества воды, как теплоносителя, по сравнению с водяным паром.
23. Классификация котельных по характеру тепловых нагрузок, надежности отпуска теплоты и размещению.
24. Основные принципы построения тепловых схем котельных.
25. Основные задачи расчета тепловой схемы котельной.

26. Определение расчетной производительности котельной. Выбор основного оборудования.

27. Тепловая схема котельной с паровыми котлами.

28. Тепловая схема котельной с водогрейными котлами.

29. Системы отпуска пара от ТЭЦ внешним потребителям.

30. Принципиальные схемы отпуска горячей воды от ТЭЦ.

31. Принципиальная схема тепловой части электростанции.

32. Теплофикационные газотурбинные установки (ГТУ).

33. Теплофикационные парогазовые установки (ПГТУ). Теплоподготовительные системы КЭС.

34. Особенности отпуска теплоты от атомных электростанций.

35. Принципиальная схема теплоподготовительной установки атомной ТЭЦ.

36. Ступени регулирования в водяных тепловых сетях.

37. Способы регулирования тепловой нагрузки в водяных тепловых сетях.

38. Регулирование по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

39. Регулирование паровой тепловой нагрузки.

40. Режим отпуска теплоты от ТЭЦ.

41. Основные задачи гидравлического расчета тепловой сети.

42. Исходные данные для гидравлических расчетов.

43. Основные расчетные зависимости гидравлических расчетов.

44. Линейные падения давления.

45. Местные падения давления.

46. Определение расчетных расходов воды в тепловых сетях.

47. Определение характеристик сетевых и подпиточных насосов.

48. Пьезометрический график: задача и построение.

49. Основные требования к режиму давления в водяных тепловых сетях.

50. Гидравлический удар в водяных тепловых сетях.

51. Основные задачи тепловых расчетов изоляционных конструкций тепловых сетей.

52. Расчет термических сопротивлений и удельных тепловых потерь.

53. Виды термических сопротивлений.

54. Расчет линейных и местных тепловых потерь.

55. Выбор толщины изоляции теплопроводов.

56. Особенности расчета трубопроводов тепловых сетей на прочность.

57. Определение изгибающих напряжений в стенках трубопроводов.

58. Расчет усилий на неподвижную опору.

59. Компенсация температурных напряжений. Основные виды компенсаторов.

60. Основные принципы и схемы самокомпенсации трубопроводов.

61. Усилия и компенсации в бесканальных трубопроводах.
62. Схемы и конфигурации паровых и водяных тепловых сетей.
63. Магистральные и распределительные тепловые сети.
64. Трасса и профиль трубопроводов.
65. Конструкции теплопроводов и тепловой изоляции.
66. Трубы и их соединения, арматура в тепловых сетях.
67. Опоры тепловых сетей.
68.Компенсаторы в тепловых сетях.
69. Основные задачи, решаемые в тепловых пунктах.
70. Оборудование, арматура и приборы в ЦТП и ИТП.
71. Тепловые пункты промышленных предприятий.
72. Установки сбора конденсата.
73. Насосные станции в тепловых сетях.
74. Автоматизация, контроль параметров, диспетчеризация в тепловых пунктах.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*а) Основная литература:*


**1.** Копко В.М. Теплоснабжение. – М: Изд-во АСВ, 2012.-336с.
**2.** Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 472 с.
**3.** Ионин А.А. и др. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
**4.** Козин В.Е. и др. Теплоснабжение. Уч. пос. – М., Высшая школа , 1980. – 408 с.
**5.** СНиП 41-02-2003 Тепловые сети. – М. : Госстрой России, 2003 г.
**6.** СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М. : Госстрой России, 2004 г.
**7.** СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий. – М. : Госстрой России, 2003 г.
**8.** СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. – М. : Госстрой России, 2004 г.
**9.** СНиП 3.05.03-85 Тепловые сети. – М. : Госстрой России, 2000 г.
**10.** МДК 4-02.2001 Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей коммунального теплоснабжения. - М. : Госстрой России, 2002 г.
**11.** ПБ 10-573-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. - М. : Госстрой России, 2003 г.
**12.** РД 153-34.0-20.518-2003 Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии. - М. : Госстрой России, 2003 г.
**13.** ГОСТ 21.605-82 (СТ СЭВ 5676-86). Сети тепловые (тепломеханическая часть). Рабочие чертежи. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.

**14.** Методика определения фактических потерь тепловой энергии через тепловую изоляцию трубопроводов водяных тепловых сетей систем централизованного теплоснабжения. – Утверждена Департаментом государственного энергетического надзора МЭ РФ 24.02.2004 г.
**15.** СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения. – М.: Госстрой России, 2001.
**16.** Указания по обслуживанию тепловых сетей.
**17.** СП 41-105-2002 Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. – М.: Госстрой России, 2003.
**18.** РД 10-400-01 Нормы расчета на прочность трубопроводов тепловых сетей.
**19.** Указания по наладке водяных тепловых сетей.
**20.** Указания по испытанию трубопроводов и оборудования водяных тепловых сетей. Гидравлические испытания.
**21.** Указания по защите тепловых сетей от коррозии.
**22.** Указания по устройству наружных тепловых сетей.
**23.** Монтаж наружных тепловых и газовых сетей.
**24.** Опыт применения осевых сильфонных компенсаторов в тепловых сетях.
**25.** Правила учета тепловой энергии и теплоносителя.
**26.** СП 41-104-2000 Проектирование автономных источников теплоснабжения.- М.: ФГУП ЦПП, 2004.
**27.** Полонский В. М. Автономное теплоснабжение : учеб. пособие для вузов по спец. 653500 "Стр-во" / В. М. Полонский, Г. И. Титов, А. В. Полонский. - М. : Ассоц. строит. вузов, 2007. - 152 с. : ил.
**28.** Кравченко Г. М. Повышение эффективности работы открытых систем теплоснабжения : учеб. пособие для вузов по направлению "Стр-во" / Г. М. Кравченко, В. И. Бабенков, А. Б. Быков ; Ростов. гос. строит. ун-т. - Ростов н/Д., 2002. - 48 с. : ил. - Библиогр.: с. 40.
**29.** Краснов, В. И. Справочник монтажника водяных тепловых сетей : учеб. пособие для сред. спец. строит. учеб. заведений по спец. "Теплогазоснабжение и вентиляция" / В. И. Краснов. - М. : ИНФРА-М, 2010. - 334 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 327. - ISBN 978-5-16-003718-9 : 180.00.
**30.** Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / И. П. Александров [и др.] ; под ред. А. А. Николаева. - Курган : ИНТЕГРАЛ, 2007. - 360 с. : ил.
**31.** Сотникова О. А. Теплоснабжение : учеб. пособие для вузов по спец. 290700 "Теплогазоснабжение и вентиляция" направления 653500 "Стр-во" / О. А. Сотникова, В. Н. Мелькумов. - М. : Ассоц. строит. вузов, 2005. - 288 с. : ил. - ISBN 5-93093-374-X : 274.00.

*б) Дополнительная литература:*

1. Нормативная литература: СНиПы и ГОСТы.
2. Периодические издания.
3. Журнал «Жилищное и коммунальное хозяйство».
4. Журнал «АВОК» (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика).
5. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника».
6. Журнал «Новости теплоснабжения».