

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**  
**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

**Т. А. ЕВСЕЕВА, Н. В. ЛАСТОВЕЦ, О. Н. МАЛЯВИНА**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

**по дисциплине**

## **«ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ»**

*(для студентов 4 и 5 курсов дневной и заочной форм обучения  
по направлению подготовки 6.060101 «Строительство»  
и для слушателей второго высшего образования  
специальности 7.06010107 «Теплогазоснабжение и вентиляция»)*

**Харьков**  
**ХНУГХ**  
**2013**

**Евсеева Т. А.** Конспект лекций по дисциплине «Теплоснабжение» (для студентов 4 и 5 курсов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 6.060101 «Строительство» и для слушателей второго высшего образования специальности 7.06010107 «Теплогазоснабжение и вентиляция») / Т. А. Евсеева, Н. В. Ластовец, О. Н. Малявина; Харьк. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Х.: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013. – 152 с.

Авторы: Т. А. Евсеева,  
Н. В. Ластовец,  
О. Н. Малявина

Рецензент: к.т.н., доц. А. В. Ромашко

Рекомендовано кафедрой эксплуатации газовых и тепловых систем,  
протокол № 10 от 27.10.2012 г.

© Т. А. Евсеева, Н. В. Ластовец, О. Н. Малявина,  
ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013

## Содержание

Общие указания .....	6
Лекция 1 Классификация систем теплоснабжения.....	7
1.1 Сравнение теплоносителей систем теплоснабжения .....	8
Лекция 2 Системы теплоснабжения г.Харькова .....	13
2.1 История развития тепловых сетей г.Харькова .....	14
Лекция 3 Энергосбережение в системах теплоснабжения .....	18
3.1 Программа по энергоэффективности .....	21
3.2 Системы энергетического и экологического менеджмента .....	23
3.3 Энергосбережение при использовании топлива .....	24
3.4 Энергосбережение в системах теплоснабжения .....	25
Лекция 4 Присоединение потребителей к тепловым сетям.....	27
4.1 Определение тепловых потоков на системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.....	28
4.2 Определение расходов теплоносителя на системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.....	30
Лекция 5 Центральные и местные системы теплоснабжения. Принципиальная схема ТЭЦ.....	31
5.1 Источники теплоснабжения Харькова.....	33
5.2 Эксплуатация паровых и водогрейных котлов ТЭЦ.....	33
5.3 Пуск водогрейных котлов .....	35
5.4 Пуск паровых котлов .....	35
5.5 Остановка котла.....	37
Лекция 6 Альтернативные источники энергии.....	38
6.1 Энергия ветра.....	38
6.2 Энергия солнца.....	38
6.3 Энергия земли.....	39
6.4 Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР).....	40
Лекция 7 Принципиальная схема котельной.....	40
7.1 Общие сведения о котельных установках.....	40
7.2 Расчет тепловой схемы котельной.....	44
7.3 Аварии и неполадки при эксплуатации котельных .....	46
7.4 Аварийная остановка котла.....	48

Лекция 8 Перспективы децентрализованного теплоснабжения на Украине.....	49
8.1 Преимущества современных отопительных котельных.....	53
8.2 Подготовка к работе газовой котельной:.....	54
8.3 Эксплуатация котельной .....	56
8.4 Обслуживание котельной .....	57
8.5 Техника безопасности и противопожарные мероприятия при эксплуатации котельных .....	58
 Лекция 9 Влияние качества воды на эксплуатацию тепловых систем .....	59
9.1 Коррозия и накипь в системах теплоснабжения.....	61
9.2 Защита тепловых сетей от внутренней коррозии.....	61
9.3 Защита тепловых сетей от внешней коррозии .....	62
9.4 Сущность процесса деаэрации.....	63
9.5 Контроль и техника безопасности при работе с деаэратором.....	67
9.6 Защита систем теплоснабжения от накипи.....	68
 Лекция 10 Способы прокладки тепловых сетей .....	71
10.1 Прокладка трубопроводов тепловых сетей.....	71
10.2 Схемы тепловых сетей.....	72
10.3 Трасса и способы прокладки тепловых сетей .....	75
10.4 Конструкция трубопроводов.....	79
10.5 Арматура, спускные и дренажные устройства тепловых сетей .....	81
10.6 Детали и элементы тепловых сетей.....	84
 Лекция 11 Тепловая изоляция и строительные конструкции тепловых сетей ...	85
11.1 Потери теплоты изолированным оборудованием и трубопроводами.....	85
11.2 Надземная прокладка.....	89
11.3 Подземная прокладка.....	90
11.4 Строительные конструкции при подземной прокладке.....	91
11.5 Строительные конструкции при надземной прокладке.....	93
 Лекция 12 Компенсаторы и опоры трубопроводов тепловых сетей.....	94
12.1 Компенсация тепловых удлинений .....	94
12.2 Опоры тепловых сетей.....	97
12.3 Определение нагрузок на опоры трубопроводов.....	98
 Лекция 13 Системы горячего водоснабжения.....	101
13.1 Подогреватели систем горячего водоснабжения.....	101
13.2 Открытые и закрытые системы теплоснабжения.....	103
13.3 Последовательная схема присоединения потребителей.....	106
13.4 Схемы систем горячего водоснабжения.....	107

Лекция 14 Центральные тепловые пункты (ЦТП).....	109
14.1 Назначение и функции ЦТП .....	109
14.2 Техническая характеристика оборудования ЦТП .....	110
14.3 Прием в эксплуатацию оборудования ЦТП .....	113
14.4 Остановка оборудования ЦТП.....	115
Лекция 15 Индивидуальные тепловые пункты (ИТП) .....	116
15.1 Оборудование ИТП .....	116
15.2 Требования к тепловым пунктам.....	118
Лекция 16 Учет тепловой энергии в системах теплоснабжения.....	120
16.1 Размещение узлов учета тепловой энергии в тепловых пунктах.....	122
16.2 Счетчики тепла .....	123
16.3 Установка узла учета тепловой энергии .....	125
Лекция 17 Гидравлический режим тепловых сетей .....	126
17.1 Гидравлический расчет тепловых сетей.....	127
17.2 Построение пьезометрического графика.....	129
17.3 Прием в эксплуатации водяных тепловых сетей .....	131
17.4 Включение и отключение паровых тепловых сетей.....	133
Лекция 18 Эксплуатация и ремонт тепловых сетей .....	135
18.1 Подземные теплопроводы и камеры .....	135
18.2 Испытание теплопроводов .....	137
18.3 Ремонт тепловых сетей.....	139
18.4 Требования к персоналу по эксплуатации тепловых сетей .....	142
Лекция 19 Системы регулирования отпуска тепла.....	143
19.1 Методы регулирования.....	143
19.2 Управляемость тепловыми сетями.....	145
Лекция 20 Основные направления развития систем теплоснабжения.....	147
20.1 Основные причины плохого состояния систем теплоснабжения.....	147
20.2 Направления развития систем теплоснабжения.....	148
Список источников.....	151

## Общие указания

**Теплоснабжение** - снабжение теплом жилых, общественных и промышленных зданий (сооружений) для обеспечения коммунально-бытовых (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение) и технологических нужд потребителей. Различают местное и централизованное теплоснабжение. Местное теплоснабжение ориентировано на одно или несколько зданий, централизованное - на жилой или промышленный район. В Украине наибольшее распространение приобрело централизованное теплоснабжение (в связи с этим термин «Теплоснабжение» чаще всего употребляется применительно к системам централизованного теплоснабжения). Его основные преимущества перед местным теплоснабжением - значительное снижение расхода топлива и эксплуатационных затрат (например, за счёт автоматизации котельных установок и повышения их КПД); возможность использования низкосортного топлива; уменьшение степени загрязнения воздушного бассейна и улучшение санитарного состояния населённых мест.

Настоящий курс лекций разработан в соответствии с программой подготовки специалистов и учебным планом специальности «Теплогасоснабжение и вентиляция». Целью его является получение студентами теоретических и практических знаний в области эксплуатации систем теплоснабжения.

Студенты изучают устройство различных систем теплоснабжения: тепловых сетей, оборудования котельных, тепловых пунктов, теплораспределительных станций, средств автоматики и учета тепловой энергии. Они получают практические знания по расчетам систем теплоснабжения, а также по вопросам эксплуатации и ремонта оборудования и трубопроводов тепловых систем.

Для усвоения курса «Теплоснабжение» студентам необходимы знания в области термодинамики, теплогенерирующих установок, гидравлических и аэродинамических машин, отопления, метрологии и основ стандартизации, городских инженерных сетей.

Аудиторными занятиями учебный материал по курсу «Теплоснабжение» полностью не охватывается. Объем новой информации настолько велик, что решающее значение при изучении дисциплины имеет самоподготовка студентов, использование дополнительной литературы и консультации преподавателей кафедры и ведущих специалистов в области теплоснабжения. В процессе изучения дисциплины студенты самостоятельно по индивидуальным заданиям выполняют курсовой проект. Будущие специалисты должны иметь навыки по проектированию и реконструкции систем теплоснабжения.

Курс лекций предполагает изучение норм и правил строительства, технической эксплуатации, ремонта и реконструкции систем теплоснабжения, освоение теоретических и практических задач по эксплуатации систем теплоснабжения в современных условиях с учетом инновационных технологий.

## Классификация систем теплоснабжения

Различают два вида теплоснабжения – централизованное и децентрализованное. При децентрализованном теплоснабжении источник и потребитель тепла находятся близко друг от друга. Тепловая сеть отсутствует. Децентрализованное теплоснабжение разделяют на местное (теплоснабжение от местной котельной) и индивидуальное (печное, теплоснабжение от котлов в квартирах).

В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения можно разделить на три группы: групповое теплоснабжение группы зданий; районное теплоснабжение городского района; городское теплоснабжение.

Процесс централизованного теплоснабжения состоит из трех операций: подготовка теплоносителя, транспортировка теплоносителя и использование теплоносителя. Подготовка теплоносителя осуществляется на ТЭЦ и котельных. Транспортировка теплоносителя осуществляется по тепловым сетям. Использование теплоносителя осуществляется на теплоиспользующих установках потребителей. Комплекс установок, предназначенных для подготовки, транспорта и использования теплоносителя называется системой централизованного теплоснабжения.

Различают две основные категории потребления тепла. Для создания комфортных условий труда и быта - коммунально-бытовая нагрузка. Сюда относят потребление воды на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, кондиционирование воздуха.

Для выпуска продукции заданного качества - технологическая нагрузка.

По уровню температуры тепло подразделяется на: низкотемпературное, с температурой до  $150^{\circ}\text{C}$ ; среднетемпературное, с температурой от  $150^{\circ}\text{C}$  до  $400^{\circ}\text{C}$ ; высокотемпературное, с температурой выше  $400^{\circ}\text{C}$ .

Коммунально-бытовая нагрузка относится к низкотемпературным процессам. Максимальная температура в тепловых сетях не превышает  $150^{\circ}\text{C}$  в подающем трубопроводе, минимальная –  $70^{\circ}\text{C}$  в обратном трубопроводе.

Для покрытия технологической нагрузки как правило применяется водяной пар с давлением до 1.4 МПа.

В качестве источников тепла применяются ТЭЦ и котельные. На ТЭЦ осуществляется комбинированная выработка тепла и электроэнергии на основе теплофикационного цикла. Раздельная выработка тепла и электроэнергии осуществляется в котельных и на конденсационных электростанциях. При комбинированной выработке тепла и электроэнергии суммарный расход топлива ниже, чем при раздельной.

Каждая система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов: источника тепловой энергии; тепловой сети; абонентских вводов; местных систем потребителей тепла.

Системы теплоснабжения с различными устройствами и назначениями элементов классифицируют по признакам:

- источнику приготовления тепла;
- виду теплоносителя;
- способу подачи воды на горячее водоснабжение;
- количеству трубопроводов тепловых сетей;
- способу обеспечения потребителей тепловой энергией.

По источнику приготовления тепла различают три вида систем теплоснабжения:

1) высокоорганизованное централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепла и электроэнергии на ТЭЦ — теплофикация;

2) централизованное теплоснабжение от районных отопительных и промышленно-отопительных котельных;

3) децентрализованное теплоснабжение от мелких котельных, индивидуальных отопительных печей и т. п.

Планом дальнейшего развития теплоэнергетики нашей страны предусматривается преимущественное строительство высокоэкономичных ТЭЦ и крупных районных котельных (РК) с постепенным сокращением числа малоэффективных местных источников тепла.

По роду теплоносителя различают водяные и паровые системы теплоснабжения.

Водяные системы применяют в основном для теплоснабжения сезонных потребителей и горячего водоснабжения, а в некоторых случаях и для технологических процессов. В нашей стране водяные системы теплоснабжения по протяженности составляют около 48% от общей длины всех тепловых сетей.

Паровые системы теплоснабжения распространены главным образом на промышленных предприятиях, где требуется высокотемпературная тепловая нагрузка. За рубежом в системах теплоснабжения пар используется по-разному. В США и Бельгии пар принят единственным теплоносителем. В большинстве европейских стран (Швейцарии, Швеции, Италии, Дании) на долю паровых систем приходится 1—10% протяженности тепловых сетей, а в ФРГ и Финляндии — до 30—40%. В Исландии и Норвегии пар как теплоноситель вообще не используется.

### **1.1 Сравнение теплоносителей систем теплоснабжения**

Выбор теплоносителя и системы теплоснабжения на предприятиях пищевой промышленности определяется техническими и экономическими соображениями и зависит главным образом от типа источника и вида тепловой нагрузки.

К теплоносителям, применяемым в системах теплоснабжения, предъявляются следующие требования:

- санитарно-гигиенические;
- технико-экономические;
- эксплуатационные.



### **Санитарно-гигиенические требования:**

- теплоноситель не должен оказывать отрицательного воздействия на обрабатываемые продукты;
- теплоноситель не должен ухудшать в закрытых помещениях санитарные условия для находящихся в них людей;
- теплоноситель не должен обладать высокой температурой, так как это приводит к высокой температуре поверхностей нагревательных приборов, что, в свою очередь, вызывает разложение пыли органического происхождения. Средняя температура поверхности нагревательных приборов не должна быть выше 70 - 80 °С в жилых и общественных зданиях. В промышленных допускается не более 100 °С.

### **Технико-экономические требования:**

- минимальная стоимость трубопроводов, по которым транспортируется теплоноситель;
- малая масса нагревательных приборов;
- наименьший расход топлива для нагрева помещений, вентиляционного воздуха и водопроводной воды.

### **Эксплуатационные:**

- теплоноситель должен обладать качествами, позволяющими проводить центральную регулировку тепловой отдачи систем теплоснабжения (это необходимость вызвана переменными температурами наружного воздуха);
- срок службы отопительно-вентиляционных систем.

### **Основные преимущества воды** как теплоносителя по сравнению с паром:

сравнительно низкая температура воды, а, следовательно, и температура поверхности нагревательных приборов;

возможность транспортирования воды на большие расстояния без уменьшения ее теплового потенциала (понижение температуры воды в изолированных сетях составляет не более 1°С на 1 км длины трубопровода);

возможность центрального регулирования тепловой отдачи систем теплоснабжения;

возможность ступенчатого подогрева воды на ТЭЦ с использованием низких давлений пара и увеличения, таким образом, выработки электрической энергии на тепловом потреблении;

простота присоединения водяных систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения к тепловым сетям;

сохранение конденсата греющего пара на ТЭЦ, районных котельных; большой срок службы систем отопления и вентиляции.

### **Основные недостатки воды** как теплоносителя:

- 1) большой расход электроэнергии на перекачку сетевой воды;
- 2) большая плотность воды и жесткая гидравлическая связь между всеми точками системы;
- 3) большая «чувствительность» к авариям (требуется остановка водяной системы, большие утечки теплоносителя).

**Основные преимущества пара** как теплоносителя:

возможность применения пара не только для тепловых потребителей, но и так же для силовых и технологических нужд;

быстрый прогрев и быстрое остывание систем парового отопления, что представляет собой ценность для помещений с периодическим обогревом;

пар низкого давления имеет малую объемную массу (примерно в 1650 раз меньшую объемной массы воды). Это обстоятельство в паровых системах отопления позволяет не учитывать гидростатическое давление и создает возможность применять пар в качестве теплоносителя в многоэтажных зданиях, при неблагоприятном рельефе теплоснабжаемого района;

более низкая первоначальная стоимость систем ввиду меньшей поверхности нагревательных приборов и меньших диаметров трубопроводов;

простота начальной регулировки вследствие самораспределения пара;

отсутствие расхода энергии на транспортирование пара.

К **недостаткам пара** можно отнести:

1) повышенные потери теплоты паропроводами из-за более высокой температуры воды;

2) срок службы паровых систем отопления значительно ниже, чем водяных из-за интенсивной коррозии внутренней поверхности конденсатопроводов.

В силу всего вышесказанного, пар применяется реже воды, и то лишь для тех помещений, где нет долговременного пребывания людей. По СНиП разрешается применять паровое отопление в торговых помещениях, банях, кинотеатрах, промышленных зданиях. В жилых зданиях паровые системы не применяются.

В системах воздушного отопления и вентиляции любых зданий разрешается применение пара в качестве первичного (нагревающего воздух) теплоносителя. Также его можно применять для нагревания водопроводной воды в системах горячего водоснабжения. Энергетически вода выгоднее пара.

Параметрами теплоносителей называют температуру и давление. Вместо давления в практике эксплуатации пользуются единицей – напором.

Напор и давление связаны зависимостью

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}, \text{ м,}$$

где  $\rho$  – давление, МПа;

$\rho$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Вода как теплоноситель характеризуется различными температурами до и после систем теплоснабжения.

В современных системах теплоснабжения применяют следующие температуры воды:

•  $t_1=105 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $95 \text{ }^\circ\text{C}$ );  $t_2=70 \text{ }^\circ\text{C}$  – в системах отопления жилых и общественных зданий;

•  $t_1=150\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_2=70\text{ }^\circ\text{C}$  – в системах централизованного теплоснабжения от котельной или ТЭЦ, а также в системах отопления промышленных зданий.

Температура воды в системах теплоснабжения должна соответствовать давлению, при котором не будет вскипания (например, вода при температуре  $150\text{ }^\circ\text{C}$  должна иметь давление не ниже  $0,4\text{ МПа}$ ).

Повышение температуры воды в источниках теплоснабжения ведет к снижению количества перекачиваемой воды, уменьшению диаметров труб и расходов энергии на перекачку.

Мощность теплового потока, отдаваемого водой, характеризуется формулой:

$$Q = G \cdot c_B \cdot (t_1 - t_2), \text{ кВт},$$

где  $G$  – количество воды, проходящей через систему теплоснабжения, кг/с;

$c_B$  – теплоемкость воды, кДж/(кг · К);

$t_1$  – температура воды до системы теплоснабжения (после источника теплоты),  $^\circ\text{C}$ ;

$t_2$  – температура воды после системы теплоснабжения (до источника теплоты),  $^\circ\text{C}$ .

Для перехода от массы перекачиваемой воды к ее объему используют формулу

$$V = G/\rho, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Водяные системы теплоснабжения используются в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Преимущества водяных систем:

- нет необходимости в установке больших и капиталоемких систем для сбора и транспортировки конденсата у потребителей;
- возможность использовать качественную регулировку отпуска теплоты в широком диапазоне изменений значений температур теплоносителя;
- меньшие энергетические затраты при транспортировке;
- возможность большего расстояния от источника до потребителя (20-30 км).

Паровые системы теплоснабжения применяются в основном на промышленных предприятиях.

Преимущества:

- универсальность пара;
- возможность работы систем с использованием, как на пару, так и воде, которая нагревается в пароводяных теплообменных аппаратах;
- непрерывно работающие паропроводы. Благодаря поддержанию высоких температур и малой влажности в теплоизоляционных конструкциях менее интенсивно происходит процесс коррозии.

По способу подачи воды на горячее водоснабжение водяные системы делят на закрытые и открытые.

В закрытых водяных системах теплоснабжения воду из тепловых сетей используют только как греющую среду для нагревания в подогревателях поверхностного типа водопроводной воды, поступающей затем в местную систему горячего водоснабжения.

В открытых водяных системах теплоснабжения горячая вода к водоразборным приборам местной системы горячего водоснабжения поступает непосредственно из тепловых сетей.

По количеству трубопроводов различают однетрубные и многотрубные системы теплоснабжения.

По способу обеспечения потребителей тепловой энергией различаются одноступенчатые и многоступенчатые системы теплоснабжения.

В одноступенчатых системах теплоснабжения потребители тепла присоединяют непосредственно к тепловым сетям. Узлы присоединения потребителей тепла к тепловым сетям называют абонентскими вводами. На абонентском вводе каждого здания устанавливают подогреватели горячего водоснабжения, элеваторы, насосы, арматуру, контрольно-измерительные приборы для регулирования параметров и расходов теплоносителя по местным отопительным и водоразборным приборам. Поэтому часто абонентский ввод называют местным тепловым пунктом (МТП). Если абонентский ввод сооружается для отдельной, например технологической установки, то его называют индивидуальным тепловым пунктом (ИТП).

Непосредственное присоединение отопительных приборов ограничивает пределы допустимого давления в тепловых сетях, так как высокое давление, необходимое для транспорта теплоносителя к конечным потребителям, опасно для радиаторов отопления. В силу этого одноступенчатые системы применяют для теплоснабжения ограниченного числа потребителей от котельных с небольшой длиной тепловых сетей.

В многоступенчатых системах между источником тепла и потребителями размещают центральные тепловые пункты (ЦТП) или контрольно-распределительные пункты (КРП), в которых параметры теплоносителя могут изменяться по требованию местных потребителей. ЦТП и КРП оборудуются насосными и водонагревательными установками, регулирующей и предохранительной арматурой, контрольно-измерительными приборами, предназначенными для обеспечения группы потребителей в квартале или районе теплом необходимых параметров. С помощью насосных или водонагревательных установок магистральные трубопроводы (первая ступень) соответственно частично или полностью гидравлически изолируются от распределительных сетей (вторая ступень). Из ЦТП или КРП теплоноситель с допустимыми или установленными параметрами для местных потребителей по общим или отдельным трубопроводам второй ступени подается в МТП каждого здания. При этом в МТП производятся лишь элеваторное подмешивание обратной воды из местных отопительных установок, местное регулирование расхода воды на горячее водоснабжение и учет расхода тепла. Полная гидравлическая изоляция тепловых сетей первой и второй ступени является важнейшим мероприятием повышения надежности теплоснабжения и увеличения дальности транспорта тепла. Много-

ступенчатые системы теплоснабжения с ЦТП и КРП позволяют в десятки раз уменьшить число местных подогревателей горячего водоснабжения, циркуляционных насосов и регуляторов температуры, устанавливаемых в МТП при одноступенчатой системе. В ЦТП возможна организация обработки местной водопроводной воды для предупреждения коррозии систем горячего водоснабжения. Наконец, при сооружении ЦТП и КРП сокращаются в значительной мере эксплуатационные затраты и затраты на содержание персонала для обслуживания оборудования в МТП.

Водяные тепловые сети разделяют на магистральные и распределительные. По магистральным сетям теплоноситель подается от источников тепла в районы потребления. По распределительным сетям вода подается на тепловые пункты и к абонентам. Непосредственно к магистральным сетям абоненты присоединяются очень редко. В узлах присоединения распределительных сетей к магистральным устанавливаются секционирующие камеры с задвижками. Секционирующие задвижки на магистральных сетях обычно устанавливаются через 2-3 км. Благодаря установке секционирующих задвижек уменьшаются потери воды при авариях тепловых сетей.

Тепловые сети бывают кольцевые и тупиковые. Распределительные и магистральные ТС с диаметром меньше 700 мм делаются обычно тупиковыми. В случае аварий для большей части территории страны допустим перерыв в теплоснабжении зданий до 24 часов. Если же перерыв в теплоснабжении недопустим, необходимо предусматривать кольцевые тепловые сети.

Лекция 2

## **Системы теплоснабжения г. Харькова**

В европейских странах расчетный срок службы тепловых сетей составляет 50 лет. В Харькове в основном из-за плохой изоляции и наружной коррозии трубопроводов надежный срок службы тепловых сетей не превышает 15 лет. В Украине с 1999 года распоряжением Кабинета Министров рекомендуется при ремонте и строительстве тепловых сетей применять трубы, предварительно изолированные жестким пенополиуретаном, фактически запрещается применение минеральной или шлаковой ваты для изоляции. В европейских странах, в частности в Дании применяют двухтрубные системы теплоснабжения из предварительно изолированных труб. Для всех типов и марок предварительно изолированных труб производится полный набор комплектующих деталей: отводы, тройники, переходные фитинги, компенсаторы и прочее. Защитный кожух для пенополиуретановой изоляции выполняется из стали или пластмассы. Максимальная температура теплоносителя в подающем трубопроводе 100-115 °С, температура в обратном трубопроводе составляет 50-60 °С. Ограничение температуры делает возможным применение предварительно изолированных труб. Чем выше температура в трубах, тем быстрее они стареют. К тому же эксплуатация систем централизованного теплоснабжения при таких температурах и комбинированном производстве тепловой и электрической энергии повышает их эффективность. Это объясняется тем, что при низкой температуре в подаю-

щем трубопроводе и достаточном охлаждении воды у потребителя можно производить намного больше тепла в расчете на 1 килограмм условного топлива, использованного на ТЭЦ. Распределительные станции систем теплоснабжения оснащены в основном пластинчатыми теплообменниками, как и в Харькове.

Децентрализованные системы теплоснабжения также имеют ряд достоинств. Это прежде всего более высокая степень комфорта, особенно сейчас в условиях энергетического кризиса и при использовании современных автоматизированных котлов с программируемым режимом работы. Применение двухконтурных котлов позволяет без перебоев пользоваться горячей водой.

При выборе системы теплоснабжения необходимы тщательный экономический анализ, сравнение нескольких вариантов, а также экологический менеджмент. Учитывая общее положение дел в экономике Украины, наиболее реальным является энергосбережение в системах теплоснабжения с применением высокоэффективных и малозатратных мероприятий. В их числе энергетический мониторинг, налаживание учета и контроля расхода тепловой энергии, оптимизация работы тепловых сетей, уменьшение потерь путем изоляции оборудования и трубопроводов, модернизация действующих систем теплоснабжения.

Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения Харькова требует применение современных технологий, а также привлечения высококвалифицированных специалистов.

## **2.1 История развития тепловых сетей г. Харькова**

**1932 год, 16 декабря.** Начало развития централизованной системы теплоснабжения Харькова. Пуск в эксплуатацию первой в Украине теплофикационной магистрали диаметром 150-300 мм протяженностью 5,5 км. Тепломагистраль проходила по улицам Кузнечной и Кооперативной, переулку Костюринскому, площади Тевелева (были задействованы подвалы Дворца труда, горисполкома, магазина «Пассаж», консерватории»), по переулку Спартаковскому, улицам Университетской и Рымарской, саду им. Шевченко, площади Дзержинского, проспекту Правды к дому «Специалистов». Источником теплоснабжения стала Харьковская государственная электростанция (ГЭС-1) мощностью 9700 кВт, которая находилась на ул. Кузнечной. Создание первого эксплуатационного района тепловых сетей, входившего в состав треста «Теплогаз». На полную мощность начала работать ТЭЦ Харьковского тракторного завода (ныне ТЭЦ-4), которая вступила в строй 1 октября 1931 г. Тепловая нагрузка ТЭЦ составляла 70 Гкал/час.

**1933 год, 31 июля.** Образование специализированного предприятия тепловых сетей «Теплосеть», входившего в систему «Донсевукрэнерго».

**1934 год, 1 августа.** Пуск в работу Краснозаводской теплоэлектроцентрали (ТЭЦ-3) с двумя энергетическими котлами производительностью по 110 т/час на параметры среднего давления 33 атм. и  $T = 425^{\circ}\text{C}$  и одной турбиной типа АТ-25-1 мощностью 25 мВт, с углеподачей, системой пылеприготовления и шлакоудалением на двух котлах, химводоочиской и открытой подстанцией 38 кВ с двумя трансформаторами связи с системой по 15 тыс.кВА.

**1934-1935 годы.** Предприятием «Теплосеть» хозспособом были сооружены от ТЭЦ-3 теплопроводы и паропроводы к промышленным предприятиям: гиганту турбостроения ХТГЗ, ХПЗ (ныне завод им. Малышева), ХЭМЗу, заводу «Серп и Молот», велозаводу, 2-ой городской больнице и к другим объектам города.

**1936-1938 годы.** Были введены в эксплуатацию тепловые сети от Краснозаводской ТЭЦ до велозавода. Началось строительство теплопровода от велозавода до пл. Восстания. В конце 1937 года общая длина магистральных сетей достигала почти 42 км, а их тепловая нагрузка - 185 Гкал/час.

**1938 год.** Закончено сооружение насосной станции на тепловых сетях от ТЭЦ-3 по ул. Доброхотова, 15, где и разместилось управление предприятия «Теплосеть».

**1940 год.** Развитие тепловых сетей от ТЭЦ-3 до ул. Военной. Сооружение тепловых сетей на поселке им. Артема. Тепловая нагрузка присоединенных потребителей составляла 80 Гкал/час при протяженности тепловых сетей около 15 км. В центральном районе от ГЭС-1 нагрузка выросла до 35 Гкал/час при протяженности сетей 12,5 км. Общая протяженность сетей города по 3-м районам к этому времени составляла 42 км с подключенной нагрузкой (вместе с производственным паром) 652 Гкал/час.

**1941 год.** Начало Великой отечественной войны. Полное разрушение ГЭС-1 – источника тепла центрального района, большей части тепловых сетей и ТЭЦ-3; частично, насосной станции на ул. Доброхотова 15 и ТЭЦ-4 на территории ХТЗ.

**1944 год.** Пуск в эксплуатацию ТЭЦ-4 с турбогенератором мощностью 8 МВт и двумя энергетическими котлами паропродуктивностью по 50 т/час каждый. Восстановление тепловых сетей в Орджоникидзевском районе.

**1944 год, 1 августа.** Пуск на ТЭЦ-3 одного котла на 110 т/час и турбины АТ-25-1 на 25 МВт.

**1945 год, май.** Пуск на ТЭЦ-3 второго котла на 110 т/час. Восстановление и пуск в эксплуатацию тепловых сетей от ТЭЦ-3 к ХЭМЗу, ХТГЗ, заводу им. Малышева, 2-ой горбольнице, велозаводу, заводу «Серп и Молот» и др.

**1948 год.** Введение в действие всех довоенных тепловых сетей, идущих от ТЭЦ-3. Окончание строительства теплотрассы диаметром 700-500 мм. Общая протяженность сетей города по 3-м районам к этому времени составляла 54 км с подключенной нагрузкой (вместе с производственным паром) 850 Гкал/час.

**1949 год.** Завершение работ по обновлению и расширению ТЭЦ-4 с увеличением довоенной мощности на 15,5 МВт. Завершение восстановления электростанций. Общая мощность тепловой и электрической энергий достигла довоенного уровня. ГЭС-2 - 48,25 тыс.кВт., ТЭЦ-3 - 53 тыс. кВт. ГЭС-4 заняла ведущее место в городе Харькове, ее производительность составляла 55,5 тыс.кВт.

**1950 год.** Завершение сооружения переемычки между теплосетями Краснозаводского и Центрального районов для подачи тепла от ТЭЦ-3. Трасса прошла по ул. Военной, пл. Руднева, пер. Булгаковскому до ул. Кооперативной. В этом же году было окончено строительство насосной станции по ул. Кооперативной. Центральный район получил тепло от ТЭЦ-3.

**1953 год.** Начало сооружения новой магистрали диаметром 600 мм от ТЭЦ-3 в Центрально-Нагорный район города в комплексе с новой насосной подстанцией, расположенной на ул. Бутовской.

**1960 год.** Укладка новых тепловых сетей к ХЭМЗу, ХТГЗ, заводу «Серп и молот», а также в районе Салтовского поселка, что позволило удовлетворить возросшие нужды промышленных предприятий и начать теплофикацию Салтовского жилого массива. Нагрузка присоединенных потребителей составляла по Центрально-Нагорному району – 118 Гкал/час, по Краснозаводскому – 234 Гкал/час, по Орджоникидзевскому – 262 Гкал/час. Начало сооружения новой магистрали диаметром 600 мм от ТЭЦ-3 до ул. Харьковских Дивизий для теплоснабжения жилого массива в районе Селекционной станции (ныне – «Новые дома»).

**1965 г., февраль.** Ввод в эксплуатацию котельной Павловом Поле. Был пущен первый из четырех котлов ПТВМ-50. Начало сооружения тепломагистралей от ТЭЦ-3 диаметром 900 мм в центр города в район пр. Гагарина. От этой магистрали получил тепло и жилой массив, расположенный по пр. Гагарина.

**1967 год.** Создание предприятия «Объединенные котельные с тепловыми сетями» – подразделения горжилуправления (основание - Постановление Совета Министров УССР от 4 августа 1967 года, приказ Министерства жилищно-коммунального хозяйства Украины от 7 сентября 1967 года № 433, решение исполкома Харьковского городского Совета народных депутатов от 11 октября 1967 г. № 511.

**1969 год.** Ввод в эксплуатацию районной котельной Салтовского жилого массива производительностью 780 Гкал/час для теплоснабжения всего Московского района, а также части Фрунзенского и Киевского районов. В котельной было установлено шесть котлов ПТВМ-100 и один котел ПТВМ-180.

**1970 год.** Пуск пиковой водогрейной котельной на ТЭЦ-4 производительностью 660 Гкал/час. В котельной было установлено три котла ПТВМ-100 и два котла ПТВМ-180.

**1972 год, 1 января.** Объединение в соответствии с приказом Минэнерго УССР N 201 от 9 ноября 1971г. подразделений ПЭО «Харьковэнерго»: Харьковская ТЭЦ-3, Харьковская ТЭЦ-4 и предприятие «Теплосеть» в производственное объединение «Харьковтеплоэлектроцентральный» с целью централизации управления выработкой и распределением тепловой энергии. Выработка тепловой энергии в этом году составляла 5,6 млн. Гкал в год. Создание решением Харьковского облисполкома предприятия «Харьковоблтеплосеть» для централизованного управления теплоисточниками в Харьковской области. 1973 год. Начало строительства одной из крупнейших теплофикационных станций в СССР – Харьковской теплоэлектроцентрали №5 с общей проектной мощностью по тепловой энергии - 2780 Гкал/ч, по электрической энергии – 970 МВт.

**1973 год.** Начало строительства одной из крупнейших теплофикационных станций в СССР – Харьковской теплоэлектроцентрали №5 с общей проектной мощностью по тепловой энергии - 2780 Гкал/ч, по электрической энергии – 970 МВт.



**1976 год.** Введение в эксплуатацию Коминтерновской районной котельной общей производительностью 400 Гкал/час для обеспечения тепловой энергией потребителей Коминтерновского и части Червонозаводского районов. В котельной было установлено четыре котла ПТВМ-100.

**1979 год, 20 декабря.** Введение в эксплуатацию первого теплофикационного энергоблока ТЭЦ-5.

**1980 год, 30 октября.** Введение в эксплуатацию второго теплофикационного энергоблока ТЭЦ-5. Общая электрическая мощность станции достигла 240 МВт, а тепловая – 720 Гкал/час.

**1990 год, 2 сентября.** Введение в эксплуатацию третьего энергоблока ТЭЦ-5.

**1993 год.** Тепловая мощность ПО «Харьковские ТЭЦ» составляла 3380 Гкал, протяженность тепловых сетей 468,6 км с присоединенной тепловой нагрузкой 5390,3 Гкал/час. На предприятии действовали 7 теплофикационных районов, 3 районных котельных, ТЭЦ-3, ТЭЦ-4, 9 действующих насосных станций.

**1995 год.** Завершение строительства тепломагистрали № 2 с насосными станциями для обеспечения подачи теплоносителя в район Алексеевского и Салтовского жилмассивов.

**К 1997 году** были построены тепломагистрали диаметром 800-500 мм к микрорайонам «Северным-1,2,3,4,5»; диаметром 700 мм - к Роганскому жилмассиву; диаметром 800 мм - от камеры МК-38 вдоль ул. Клочковской до Алексеевского жилмассива; тепломагистраль N 1 - от ТЭЦ-5 до ул. Постышева, диаметром 1000-900 мм - по территории ТЭЦ-4 и ХТЗ; диаметром 600 мм - от котельной з-да Малышева до Заовражной площадки; диаметром 600 мм - по ул.Кирова от пл. Восстания до ул. Плехановской и многие другие.

**2000 год.** На обслуживании и в эксплуатации 26 теплоснабжающих предприятий объединения «Харьковтеплоэнерго», включая область, находилось 628 котельных с установленной мощностью 3250 Гкал., 236 теплораспределительных станций; 2036 км (в двухтрубном исчислении) трубопроводов тепловых сетей. На областном предприятии «Харьковские тепловые сети» действовали 7 теплофикационных районов с общей протяженностью сетей 411,017 км диаметром от 50 до 1200 мм: Червонозаводский с сетями протяженностью 76,884 км; Киевский – 75,250 км; Орджоникидзевский – 88,826 км; Дзержинский - 55,898 км; Московский – 26,674 км; Коминтерновский – 50,183 км; Ленинский – 36,302 км; 3 районных котельных: Московского района с установленной мощностью 780 Гкал/час, Дзержинского района – 300 Гкал/час и Коминтерновского района - 400 Гкал/час, ТЭЦ-3 с установленной мощностью 1125 Гкал/час и ТЭЦ-4 с установленной мощностью 968,1 Гкал/час, 9 действующих насосных подстанций. Объединение 1 августа 2000 года ОП «Харьковские тепловые сети» с ОПО «Харьковтеплоэнерго» (распоряжение облгосадминистрации № 662 от 30.06.2000 г. и изменения и дополнения в № 707 от 25.07.2000 г.).

**2001 год, 1 августа.** Создание коммунального предприятия «Харьковские тепловые сети» по распоряжению № 429 от 27 июня 2001 г. главы Харьковской областной государственной администрации. В состав КП «ХТС» вошли городские предприятия тепловых сетей, вышедшие из ОПО «Харьковтеплоэнерго».

## Энергосбережение в системах теплоснабжения

Энергосбережение – это организационная, научная, практическая, информационная деятельность, направленная на рациональное использование и экономное расходование первичной и преобразованной энергии и природных энергетических ресурсов в национальном хозяйстве и которая реализуется с использованием технических, экономических и правовых методов.

Энергосберегающая политика - административно-правовое и финансово-экономическое регулирование процессов добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, распределения и использования топливно-энергетических ресурсов с целью их рационального использования и экономного расходования.

Топливо-энергетические ресурсы – это совокупность всех природных и преобразованных видов топлива и энергии, используемых в национальном хозяйстве.

В вопросах экономии энергии до сих пор основное внимание уделяется эффективности производства, а не эффективности использования этой энергии. Более правильным является подход, когда экономия энергии начинается с конечных потребителей, включает тепловые сети и достигает источников тепла. В первую очередь изучается энергопотребление конечных пользователей с целью сокращения расходов энергоресурсов. Далее системы транспортировки тепловой энергии - тепловые сети приводятся в соответствие с потребностями потребителей. Затем производственные мощности ТЭЦ и котельных приводятся в соответствие с более низкими тепловыми мощностями потребителей.

Около 50 % экономии тепловой энергии может быть получено при утеплении строительных ограждающих конструкций с пониженными коэффициентами теплопередачи. При новом строительстве и реконструкции жилых, общественных и производственных зданий в Украине минимальные значения коэффициента теплопередачи для стен составляют  $0,4 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ , а для окон -  $2 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ . Опыт многих зарубежных стран, в том числе Германии, показывает, что необходимо новое нормирование и снижение коэффициентов теплопередачи для стен до  $0,3\text{-}0,35 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ , а для окон -  $1,6 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ . Утепление полов первых этажей снижает потери тепла приблизительно на 10 %. Устройство теплых чердаков, то есть вывод вентиляционных каналов на чердак также приводит к снижению потерь тепла на 15 %. Утепление тамбуров, герметизация лестничных окон, применение наружных дверей с доводчиками снижает теплопотери лестничных клеток. Кроме технических мер по утеплению для жилых зданий большой потенциал сбережения энергии находится в руках жильцов. Системы отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха так же относятся к энергопотребляющим системам зданий. Поэтому тепловая изоляция трубопроводов на чердаках и в подвалах, изоляция стояков горячего водоснабжения очень важны для экономии тепловой энергии. Установка кранов двойной регулировки и регуляторов температуры с погодной коррекцией в зависимости

от температуры наружного воздуха уменьшает потери тепла на 8-10 % и ликвидирует перегрев помещений в осенний и весенний периоды отопительного сезона. Применение современных средств автоматизации инженерных систем зданий в настоящее время является очень важной задачей. Автоматизация тепловых пунктов с установкой регуляторов температуры с погодной коррекцией и теплосчётчиков приводит к экономии 15-20 % тепловой энергии.

После определения потребностей потребителей в тепловой энергии необходимо рассмотреть распределительные сети теплоснабжения. Более 20 % тепловой энергии теряется между источником и потребителем. Существуют три основных фактора, которые влияют на эффективность системы теплоснабжения.

**Тепловые потери** - потери энергии из системы теплоснабжения, прежде всего, вызываемые неэффективной, неправильной или отсутствием изоляции на трубопроводах, вентилях, фланцах и других элементах системы. Теплоизоляционные свойства зависят от теплопроводности материала изоляции и от разности температур между теплоносителем и окружающей средой. Важным фактором при определении экономичной толщины изоляции является защитная обшивка изоляции. Для упрощения обслуживания вентилях и фланцев их часто оставляют неизолированными. Неизолированный вентиль пропускает такое же количество тепла, как и 1 метр неизолированной трубы такого же диаметра; неизолированные фланцы, которые имеют меньшую поверхность, пропускают около половины этого количества.

**Потери давления** – в этом случае определяющим фактором является соотношение между размером трубопровода и нагрузкой по воде или пару. Так же как существует экономичная толщина изоляции, существует экономичный размер трубы. Если труба слишком маленькая, то недостаточно тепловой энергии под высоким давлением будет подаваться к потребителю. Капитальные расходы на трубы будут небольшие, а эксплуатационные издержки из-за падения давления в системе будут высокие. Слишком большая труба означает, что будут увеличены потери тепла с поверхности. Капитальные затраты будут выше, как для трубы, так и для изоляции, но эксплуатационные издержки будут ниже. В этих двух случаях эффективность системы теплоснабжения снижается. Правильный размер трубопроводов означает подбор такого диаметра трубы, при котором достигается минимальное падение давления между котлом источника и потребителем.

**Избыточность системы** – при рассмотрении системы теплоснабжения в первую очередь необходимо избегать избытка системы. С развитием и ростом предприятия развиваются и производственные процессы, изменяется система теплоснабжения для обеспечения новых нагрузок. Обычно когда системы модернизируют, то старое оборудование убирают и ставят новое. Во многих случаях изначальные объемы и давления в тепловой сети не соответствуют новым требованиям. Со временем система теплоснабжения становится все более сложной, и потери тепла в ней увеличиваются. Появляется возможность рационализировать систему теплоснабжения и получить экономию. Все тепловые сети нуждаются в регулярной ревизии. Ревизия и рационализация должны начинаться с устранения избыточных трубопроводов. Первым шагом в определении

избыточных или слишком больших трубопроводов является схема сети теплоснабжения. На ней должны быть указаны линии трубопроводов и их размеры, потребители, которых они обслуживают, и максимальные расходы тепла по потребителям.

Часто довольно просто рационализировать систему теплоснабжения, убрав часть длины трубопроводов или, уменьшив их диаметры по измененным нагрузкам. Это дает самую большую экономию в отношении потерь тепла и способствует более эффективной работе всей системы.

Энергия - жизненно важная составляющая экономического процветания, но это также и большая составляющая в загрязнении окружающей среды, экологической деградации и истощении ресурсов.

Исторически в Украине, как и во всем мире, вопрос энергии рассматривался с точки зрения возможностей снабжения энергоресурсами. Это отношение до сих пор имеет место в вопросах экономии энергии, где основное внимание уделяется эффективному производству энергии и мало внимания уделяется эффективному использованию этой энергии. Такой подход приводит к половинчатым результатам. Намного более эффективным оказывается подход, когда экономия энергии начинается с конечных потребителей. В первую очередь изучается энергопотребление конечных пользователей с целью определения мер по сокращению расхода энергоресурсов. Затем системы энергоснабжения приводятся в соответствие с потребностями транспортировки энергии потребителям. Затем производственные мощности приводятся в соответствие с более низкими потребностями.

Как показывает мировая практика, на протяжении многих лет хорошо зарекомендовали себя энергоэффективные проекты двух направлений. Первое направление связано с крупными изменениями в технологиях, с изменениями в технологическом процессе, с заменой оборудования. Это направление очень эффективно, энергосберегающий эффект проявляется незамедлительно, но необходимы значительные инвестиции, и требуется длительное время для их окупаемости. Второе направление связано с повышением энергоэффективности действующих систем. В условиях дефицита инвестиции, это направление наиболее приемлемо в данной экономической ситуации в Украине, особенно когда денежные потоки связанные с возвратом инвестиций труднопрогнозируемы. Учитывая общее положение дел в экономике Украины, наиболее реальным является энергосбережение с применением высокоэффективных и малозатратных мероприятий.

В их числе: энергоменеджмент; энергомониторинг; налаживание учета и контроля расхода энергоресурсов; оптимизация режима работы; уменьшение потерь путем герметизации и изоляции оборудования.

Рассматривая возможность повышения энергоэффективности необходимо помнить, что технологии, используемые до и после внедрения энергосберегающих мероприятий не создавались одновременно. Существует возможность повышения энергоэффективности любой действующей системы. Это достигается за счет применения более совершенных по энергоэффективности техноло-

гий, или за счет использования более совершенных приёмов эксплуатации действующих технологий, или за счет более совершенного управления.

Эффект энергосбережения зависит от многих причин: от квалификации специалистов, от глубины изучения технических и технологических достижений, от глубины патентных и информационных исследований, от экономических показателей, от совершенства структуры управления предприятием, и от других факторов.

### **3.1 Программа по энергоэффективности**

Эффективная энергетическая программа должна быть нацелена на уменьшение использования ископаемого топлива с сохранением качества существующих производственных процессов. Каждая программа должна начинаться с четкой стратегии, чего необходимо достичь в области использования энергии? Исходя из стратегии, определяются цели и задачи программы.

Следующая стадия заключается в проведении энергоаудита. Он определит, где находится предприятие по отношению к поставленным целям, и выявит меры, которые нужно предпринять для их достижения. Для мониторинга процесса достижения поставленных целей, необходимо иметь систему, которая позволит измерять и оценивать использование энергии.

Системы энергоменеджмента предоставляют такую возможность, более того, они могут быть развиты дальше и стать системами, в рамках которых будет проводиться вся работа по эффективному использованию энергии. С целью достижения максимальных результатов мероприятия должны быть скоординированы, а использование специфических систем энергоменеджмента принесет существенные преимущества.

Каждая программа по энергоэффективности потребует инвестиций в технологии. Для получения финансового капитала необходимо подготовить финансовое обоснование проекта. Поэтому методы оценки инвестиций являются очень важными вопросами. Понимание методов необходимо, как разработчикам, так и руководителям.

И, наконец, очень важным является обмен информацией о программе. Такой обмен демонстрирует постоянный интерес и поддержку руководства всей программы по энергоэффективности и обеспечивает действенную обратную связь со всеми работниками и лицами, заинтересованными в продвижении к поставленным целям.

Без четко определенной энергетической стратегии невозможно разработать эффективную программу по энергоэффективности. Стратегия не должна быть сфокусирована только на стоимости энергии, она должна стать всеобъемлющим документом, отражающим то, как принятые решения повлияют на энергоэффективность. Без общей решимости улучшить энергоэффективность, прогресс в сокращении энергозатрат будет очень невелик. Наиболее серьезной должна быть решимость со стороны руководства. Необходимо чтобы руководство осознало выгоды от улучшения энергоэффективности не только в финансовом плане, а также и в плане увеличения комфортности людей и соответствия экологическим целям.

Процесс энергоаудита включает сбор информации, ее анализ и определение участков, на которых работа может быть улучшена.

Энергоаудит можно разделить на три стадии: подготовка, аудит, осуществление.

#### *Подготовка аудита*

Группа аудита потребует компетентных людей, которые должны иметь соответствующую техническую подготовку для полного понимания процессов, подлежащих аудиту. Необходимо также принять решение о глубине аудита. Когда решение принято, то чтобы сделать работу эффективной аудиторам необходимо получить предварительную информацию о процессе и местонахождении оборудования и о тех людях, которые будут с ним работать.

#### *Энергетический аудит*

Необходимо периодически беседовать с персоналом и просматривать регистрационные журналы, осматривать помещения и оборудование. Возможно, потребуется установка временного измерительного оборудования и тестирование работы.

Технические цели энергоаудита заключаются в установлении, где в технологическом процессе системы используется энергия, как много потребляется энергии, и на каком уровне проходит ее потребление (т.е. параметры давления, температуры, напряжения).

Эффективность этих мероприятий будет определяться по тому, в какой мере они выполняют цели энергетической политики.

Когда вся необходимая информация собрана она будет проанализирована с целью определения, какие изменения потребуются для улучшения энергоэффективности.

Внимание уделяется основным энергопотребляющим стадиям технологического процесса и определяется, какое минимальное количество энергии требуется для работы этой стадии. Нужно также провести сравнение между действительным энергопотреблением на этой стадии процесса и минимальной потребностью, а также определить изменения, которые приведут к уменьшению действительного энергопотребления до минимума.

- Эффективность энергоснабжения.

Как только определятся минимальные потребности для процесса, тогда нужно рассматривать распределительные сети, которые снабжают энергией. В этом вопросе целью является определение необходимых изменений в распределительной сети, которые обеспечат минимальные потери при снабжении минимально необходимого количества энергии.

- Эффективность производства энергии.

Определив минимальное энергопотребление и минимизировав потери в сетях, целью становится определение изменений в производстве энергии, которое позволит проводить снабжение энергией с очень высокой эффективностью.

Как только вся информация будет проанализирована, станет возможным составить перечень выявленных возможностей и сделать выводы, которые непосредственно будут отвечать целям улучшения энергоэффективности. Последним этапом в этом процессе является осуществление мероприятий. Здесь

необходимо будет составить план мероприятий. Он должен определить изменения, которые необходимо провести, а также указать количественно затраты и планируемую прибыль. Точность расчета затрат и прибыли должна быть достаточной, чтобы определить приоритетные мероприятия.

### **3.2 Системы энергетического и экологического менеджмента**

Во многих отношениях системы энергоменеджмента подобны системам экологического менеджмента (СЭМ). Поэтому путь к внедрению СЭМ начинается с системы энергоменеджмента.

Системы энергоменеджмента представляют собой хорошую отправную точку, так как требуют тех же средств и методов менеджмента, но применяются они для более ограниченного круга вопросов. Опыт, полученный в результате внедрения систем энергоменеджмента, может быть использован для разработки СЭМ.

Внедрение на теплоснабжающих предприятиях системы экологического менеджмента позволит получить следующие преимущества:

- экономические - исключение загрязнения окружающей среды и производства отходов;
- повышенная мотивация работников, особенно среди молодежи, которая по результатам исследований проявляет большую экологическую сознательность, чем их родители;
- получение конкурентных преимуществ у потребителей, которые учитывают вопросы экологии;
- облегчение получения инвестиций.

Последний пункт представляет особый интерес, а именно кредитные учреждения требуют, чтобы предприятия, которым они ссужают деньги, были экологически чистыми.

Аспекты энергоменеджмента связаны со многими положениями программы по Эко-менеджменту и Аудиту. Их можно вкратце изложить следующим образом:

#### *Принятие политики*

Весь персонал организации должен быть ознакомлен с ней и поддерживать ее. Также должны быть четко определены люди, ответственные за осуществление этой политики, и они должны иметь соответствующие полномочия и ресурсы.

#### *Энергетический аудит*

Необходима подробная информация об энергопотреблении. Она должна отражать все энергопотребление по каждому отдельному процессу, имеющемуся на предприятии, в сопоставимых единицах энергии и на единицу продукции. Необходимо рассчитать связанные с этим затраты и потенциальную экономию.

#### *Осуществление энергетической программы*

Необходимо установить цели и сроки ее выполнения. Система менеджмента должна быть определена, чтобы гарантировать выполнение энергосберегающих мероприятий.

Должна быть организована система непрерывного мониторинга энергопотребления в производственных процессах. Мониторинг энергопотребления позволит обеспечить выполнение заданий. Необходимо также осуществлять регистрацию данных.

#### *Энергетическая политика*

Успех энергетической политики должен стать доступным широкой аудитории как в организации (чтобы помочь мотивировать персонал), так и за ее пределами.

Неважно, по какой причине внедряется система экологического менеджмента и какая система выбрана, предприятия сталкиваются с необходимостью определять экологические показатели работы, особенно, количественные показатели экологического воздействия на окружающую среду и предпринимать шаги по непрерывному их улучшению. Следует заметить, что энергопотребление в производственных процессах приводит к выбросам в окружающую среду, и таким образом улучшение энергоэффективности поможет предприятию выполнить цели экологической политики.

### **3.3 Энергосбережение при использовании топлива**

Тепловая энергия топлива является первичным источником энергии. Используемое топливо может быть в твердом, жидком, газообразном состоянии. Некоторые установки могут быть разработаны для двух видов топлива, чтобы работать с двумя видами тарифов и гарантировать самые низкие расходы на топливо.

Законодательство в области экологии коснется:

- выбросов в атмосферу, т.е. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, пыли;
- уровня шума;
- хранения топлива;
- жидких выбросов в водные ресурсы;

Для всех видов топлива экономически выгодным является снижение температуры дымовых газов ниже 200°C. Для более старых моделей барабанных котлов с температурой дымовых газов более 260°C экономайзер мог бы снизить температуру до 200°C и повысить температуру питательной воды на 15°C., увеличив общую эффективность котла.

Для современных барабанных котлов с температурой дымовых газов на выходе 140°C можно было бы установить конденсационный экономайзер для уменьшения температуры на выходе до 65°C и повышения общей эффективности на 5%. Если применяется постоянная продувка для поддержания уровня соледержания, тогда можно установить небольшой теплообменник для использования тепла, содержащегося в продувочных водах, для подогрева питательной воды. Использование подогрева топочного воздуха также может повысить эффективность котла. Существуют три метода предварительного подогрева топочного воздуха:

- Использование теплообменника газ/воздух в дымоходе



- Всасывание топочного воздуха из верхней части котельной, где скапливается воздух, подогретый в результате конвекции с поверхности котлов
- Всасывание топочного воздуха через кожух котла для утилизации тепловых потерь с тепловым излучением и конвекцией.

Два последних метода наиболее часто применяются, так как они не требуют большого количества дополнительного оборудования.

Самыми большими потерями в котлах неизменно являются потери с дымовыми газами, выходящими из дымохода, и, в определенной мере это является желаемым, так как это предотвращает проблемы, связанные с коррозией.

Существующие технологии позволяют снижать температуру дымовых газов до значений ниже точки росы, что ведет к значительной экономии энергии.

### **3.4 Энергосбережение в системах теплоснабжения**

Этот раздел посвящен транспортировке тепловой энергии к конечным потребителям. В то время как большие усилия прикладываются для повышения эффективности производства тепловой энергии на небольшой процент, более 20% этой тепловой энергии теряется между котельной и конечными потребителями. Существуют три фактора, которые должны рассматриваться при оценке эффективности системы теплоснабжения. Тепловые потери – потери энергии из системы теплоснабжения прежде всего вызываются неэффективной, неправильной или отсутствием изоляции на трубопроводах, вентилях, фланцах и другой арматуре. В паровых системах потери тепла происходят из-за конденсации пара в трубах, поэтому существует необходимость в дополнительном оборудовании для отделения конденсата от пара. Потери давления - в этом случае определяющим фактором является соотношение между размером трубопроводов и нагрузкой по пару или воде, для которой они используются. Если трубопроводы слишком маленькие, в этом случае капитальные расходы на трубы будут небольшие, тогда как эксплуатационные издержки из-за падения давления в системе будут высокие. Если размеры трубопровода слишком большие, тогда капитальные затраты будут выше, как для трубы, так и для изоляции, но эксплуатационные издержки будут ниже. При рассмотрении системы теплоснабжения в первую очередь необходимо избегать избытка системы. С развитием и ростом предприятия развиваются и производственные процессы, изменяется система теплоснабжения для обеспечения новых нагрузок. Со временем система снабжения становится все более и более сложной, и потери тепла в ней увеличиваются. Очень часто довольно просто рационализировать трубопроводы, убрав до 15% длины трубопровода. Это дает самую большую экономию в отношении потерь тепла и способствует более эффективной работе всей сети. Уровень потерь тепла будет зависеть от толщины изоляционного слоя и его теплоизоляционных свойств. Теплоизоляционные свойства зависят от теплопроводности, которая определяется скоростью, с которой тепло проходит через материал, а также от разницы температуры между теплоносителем и окружающей средой. При уменьшении теплопроводности потери тепла для данной толщины изоляции будут уменьшаться. Другими факторами, влияющими на теплоизоляционные свойства, являются поверхностные свойства, которые влияют на поте-

ри через тепловое излучение. Потери с тепловым излучением могут быть уменьшены дополнительным применением металлической обшивки для изоляции. Выгода от использования этой обшивки зависит от реальных условий, но уменьшение общих потерь тепла на 10% будет вполне обычным результатом. Производители изоляционных материалов обычно предоставляют информацию о теплоизоляционных свойствах, что помогает избежать сложных и долгих расчетов. Существуют нормативные данные о температуре и подвижности воздуха. Если труба расположена так, что подвержена обдуванию, тогда толщина изоляции увеличивается. Можно уменьшить потери тепла из системы трубопроводов до нуля путем применения достаточно толстого слоя изоляции. Издержки работающей горячей трубы состоят из издержек от потери тепла плюс стоимость изоляции. Существуют дополнительные издержки, связанные с улучшением теплоизоляционных свойств и толщины изоляции. Хотя более высокие расходы и приведут к экономии энергии, но наступает такой момент, для которого увеличение расходов на изоляцию не оправдывается дополнительной экономией, которую изоляция обеспечит. Эта точка называется экономичная толщина изоляции. Минимальные затраты - это самые низкие общие издержки на изоляцию и от потерь тепла в течение определенного периода времени, при определенной стоимости топлива, которые будут иметь место для определенной толщины изоляции. Чтобы получить экономичную толщину изоляции, необходимы следующие данные:

- Стоимость топлива;
- Эффективность котла;
- Количество часов, работы в год;
- Потери тепла на погонный метр трубы (для этого понадобится знать размер трубы, рабочую температуру, тип и толщину изоляции, условия окружающей среды);
- Стоимость изоляции, включая материалы, трудовые затраты на погонный метр трубопровода.

Нужно также упомянуть об изоляции вентилях и фланцев на трубопроводах. Чтобы упростить обслуживание вентилях и фланцев, они часто остаются не изолированными. Неизолированный вентиль пропускает такое же количество тепла, как и 1 метр неизолированной трубы; неизолированные фланцы, которые имеют меньшую поверхность, пропускают около половины этого количества. Также как существует экономичная толщина изоляции, также существует и экономичный размер трубы. Если труба слишком маленькая, то недостаточно тепловой энергии под довольно высоким давлением будет подаваться в процесс. Слишком большая труба означает, что будут увеличены потери тепла с поверхности. В любом случае эффективность системы снижается. Правильный размер трубопроводов означает подбор такого диаметра трубы, при котором достигается минимально приемлемое падение давлений между котлом и потребителем. Для определения правильных размеров труб для определенных назначений использовались эмпирические методы. Хотя это может показаться и ненаучным, но опыт, на котором они базируются, накапливался на практике, и

они все еще остаются хорошими. Самый простой заключается в расчете скорости потока в трубе для данной мощности потока. Обычно когда системы модернизируют, то старое оборудование убирается и ставится новое, и во многих случаях изначальные давления и объемы в сети уже не соответствуют требованиям, поэтому появляется возможность рационализировать систему и получить экономию. Все сети теплоснабжения нуждаются в регулярной ревизии. Ревизия и рационализация должны начинаться с устранения избыточных трубопроводов. Первым шагом в определении избыточных или слишком больших трубопроводов является схема сети теплоснабжения. На ней должны быть указаны линии трубопроводов и их размеры, а также потребители, которые они обслуживают. Для потребителей тепла должны также быть указаны максимальная потребность и обычное количество часов работы. Затем должны быть поставлены следующие вопросы:

- Можно ли упростить схему, убрав некоторые из существующих трубопроводов или добавив новые соединения?

- Есть ли линии, которые используются очень короткое время, и можно ли эти линии изолировать?

- Правильно ли установлено давление для потребителей? Можно ли уменьшить давление на какой-нибудь линии?

- Правильно ли подобраны размеры труб по отношению к потребностям в тепловой энергии? (если трубы слишком велики, то потери тепловой энергии будут больше, чем количество энергии, которую они поставляют).

Во многих случаях уменьшение потерь путем установки отсекающих клапанов, использования правильных размеров труб и изъятия избыточных трубопроводов окупит необходимые инвестиции за относительно короткий период времени.

Лекция 4

## **Присоединение потребителей к тепловым сетям**

Тепловую нагрузку можно разделить на сезонную и круглогодичную. Изменение сезонной нагрузки зависит главным образом от климатических условий – температуры наружного воздуха, его влажности, скорости ветра, солнечной радиации и другие. Основную роль играет изменение температуры наружного воздуха. Сезонная нагрузка имеет сравнительно постоянный суточный график и переменный годовой. К сезонной нагрузке относят нагрузки отопления, вентиляции (зимние нагрузки), кондиционирования (летняя нагрузка). К круглогодичной нагрузке относятся нагрузка горячего водоснабжения (ГВС) и технологическая нагрузка. График технологической нагрузки зависит от характера производства. График нагрузки ГВС зависит от благоустройства зданий, состава населения, графика рабочего дня, режима работы коммунальных предприятий. Технологическая и нагрузка ГВС слабо зависят от времени года.

Централизованная подача тепла необходима:

а) в системе отопления для нагрева теплоносителя, который подается в отопительные приборы, расположенные в помещениях;

б) в системах вентиляции и кондиционирования воздуха для подогрева воздуха в холодное время года перед его подачей в помещение;

в) в системе горячего водоснабжения для нагрева водопроводной воды от температуры  $5 \div 15^\circ\text{C}$  до температуры  $55 \div 70^\circ\text{C}$ .

#### **4.1 Определение тепловых потоков на системы отопления, вентиляции и системы горячего водоснабжения**

Цель отопления – поддержание температуры внутреннего воздуха в помещении на заданном уровне. Температура воздуха в помещении зависит от назначения помещения, а в промышленных зданиях от характера выполняемых работ. Значения температуры воздуха в помещениях принимаются согласно нормативным документам.

- для жилых зданий - от 18 до 20 °С;

- для промышленных зданий - от 16 до 20 °С;

- для общественных зданий - от 14 до 25 °С.

При проектировании источников тепла потребность тепла на отопление может быть определена по укрупненным показателям.

Максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий, Вт, равен:

$$Q_{max}^0 = q_0 \cdot A \cdot (1 + k_1)$$

где  $q_0$  - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление  $1 \text{ м}^2$  здания, Вт;

$A$  – общая площадь здания,  $\text{м}^2$ ;

$k_1$  - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление здания,  $k_1 = 0$  для жилых зданий;  $k_1 = 0,25$  для общественных зданий.

Максимальный тепловой поток на вентиляцию для общественных зданий, Вт, равен:

$$Q_{max}^g = q_0 \cdot A \cdot k_1 \cdot k_2$$

где  $k_1$  - коэффициент, учитывающий тепловой поток для отопления общественных зданий,  $k_1 = 0,25$ ,  $k_2$  - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий,  $k_2 = 0,4$  для зданий, построенных до 1985 года;  $k_2 = 0,6$  для зданий, построенных после 1985 года.

Для определения максимального теплового потока на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, Вт, сначала находится средний тепловой поток, Вт, по формуле:

$$Q_{cp}^{z.g.} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_x)}{24 \cdot 3,6} \cdot c$$

где  $m$  – количество человек для жилых зданий определяется по формуле:

$$m = \frac{A}{12}$$

$a$  – норма потребления горячей воды для жилых зданий (105 л/сутки).

$b$  – норма потребления горячей воды для общественных зданий (25 л/сутки).

$t_x$  – температура воды в зимний период ( $5^{\circ}C$ )

$c$  – удельная теплоемкость воды ( $4,19 \text{ Дж/кг}^{\circ}C$ ).

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{max}^{z.g.} = 2,4 \cdot Q_{cp}^{z.g.}$$

Средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение в неотапительный период следует определять по формуле

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \beta$$

где  $t_c^s$  – температура холодной (водопроводной) воды в неотапительный период (при отсутствии данных принимается  $15^{\circ}C$ ;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному. Коэффициент принимается для жилищно-коммунального сектора  $\beta = 0,8$ ; для курортных и южных городов  $\beta = 1,5$ ; для предприятий  $\beta = 1,0$ .

Средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение в неотапительный период следует определять по формуле

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \beta$$

## 4.2 Определение расходов теплоносителя на системы отопления, вентиляции и системы горячего водоснабжения

Суммарный расход теплоносителя в тепловых сетях, кг/час, определяется по формуле:

$$G_c = G_{max}^0 + G_{max}^6 + G_{cp}^{2.6} \cdot k_3$$

где  $G_{max}^0$  – максимальный расход теплоносителя на отопление, кг/час;  
 $G_{max}^6$  – максимальный расход теплоносителя на вентиляцию, кг/час;  
 $G_{cp}^{2.6}$  – средний расход на горячее водоснабжение, кг/час;  
 $k_3=1,2$

Максимальный расход на отопление, кг/час, определяется по формуле:

$$G_{max}^c = \frac{3.6 \cdot Q_{max}^0}{(T_1 - T_2) \cdot c}$$

где  $Q_{max}^0$  – максимальный тепловой поток на отопление, Вт;  
 $c$  – удельная теплоемкость воды (4,19 Дж/кг<sup>0</sup>С).  
 $T_1$  – температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С, ( $T_1=150^0$ С);  
 $T_2$  – температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С, ( $T_2=70^0$ С);

Максимальный расход теплоносителя на вентиляцию, кг/час:

$$G_{max}^6 = \frac{3.6 \cdot Q_{max}^6}{(T_1 - T_2) \cdot c}$$

Средний расход теплоносителя на горячее водоснабжение для закрытой системы, кг/час:

$$G_{cp}^{2.6} = \frac{3.6 \cdot Q_{cp}^{2.6}}{(T_1 - t_3) \cdot c}$$

где  $t_3=30^0$ С

Тепловая нагрузка в течение отопительного сезона меняется. Поэтому для поддержания требуемого теплового режима тепловую нагрузку необходимо регулировать.

Различают центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование. Центральное регулирование осуществляется на ТЭЦ и котельных. Групповое – на групповых тепловых подстанциях. Местное – на местных тепловых подстанциях. Индивидуальное – непосредственно у абонентов.

Если тепловая нагрузка у всех потребителей примерно одинакова, то можно ограничиться центральным регулированием. В большинстве же случаев тепловая нагрузка неоднородна. В этом случае центральное регулирование ведется по характерной тепловой нагрузке для большинства потребителей. В первую очередь это отопительная нагрузка и совместная нагрузка отопления и горячего водоснабжения. Во втором случае расход воды в тепловых сетях увеличивается незначительно по сравнению с регулированием по отопительной нагрузке.

В водяных системах можно менять тепловую нагрузку тремя способами:

1. изменением температуры сетевой воды – качественное регулирование;
2. изменением расхода сетевой воды – количественное регулирование;
3. изменением расхода и температуры воды – качественно-количественное регулирование.

Лекция 5

## Центральные и местные системы теплоснабжения Принципиальная схема ТЭЦ

По месту выработки теплоты системы теплоснабжения делятся на:

- центральные (источник производства тепловой энергии работает на теплоснабжение группы зданий и связан транспортными устройствами с приборами потребления тепла);
- местные (потребитель и источник теплоснабжения находятся в одном помещении или в непосредственной близости).

Наиболее эффективный вид теплоснабжения это теплофикация, т. е. централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки теплоты и электрической энергии на ТЭЦ. Основным энергетический эффект при теплофикации заключается в использовании для теплоснабжения отработанный теплоты, отведенный из теплосилового цикла электростанции.

Централизованная подача тепла необходима:

- а) в системе отопления для нагрева теплоносителя, который подается в отопительные приборы, расположенные в помещениях;
- б) в системах вентиляции и кондиционирования воздуха для подогрева воздуха в холодное время года до заданной температуры перед его подачей в помещение;
- в) в системе горячего водоснабжения для нагрева водопроводной воды от температуры  $5 \div 15^{\circ}\text{C}$  до температуры  $55 \div 70^{\circ}\text{C}$ , которая функционирует круглосуточно.

Использование теплоты санитарно-техническими системами в процессе их функционирования называют *теплопотреблением*. Величина теплопотребления отдельного здания (предприятия) меняется в течение года. Величина и характер сезонного теплопотребления систем отопления и вентиляции зависят в основном от температуры наружного воздуха. Теплопотребление системы горячего водоснабжения в течение года носит относительно постоянный характер.

Принципиальная тепловая схема ТЭЦ показана на рис.. Процессы нагрева воды к температуре кипения, испарения, перегрева насыщенного пара, происходят в парогенераторе 1 при сжигании в топке котла соответствующего количества топлива. Перегретая водяная пара с нужными параметрами поступает к паровой турбине, которая состоит из степеней высокого 3, среднего 4, низкого 5 давления. Отработанный пар после степени низкого давления поступает в конденсатор 7. Конденсат, который образуется после отведения от пары теплоты, с помощью конденсаторного насоса 8 прокачивают через тракт низкого давления, который состоит из группы подогревателей низкого давления (11, 12, 13, 14), сальникового подогревателя, 10 и охладителя эжекционной пары 9. Подогреватели низкого давления обогреваются парой из отборов турбины. Сальниковый подогреватель предназначен для утилизации теплоты низкопотенциальных стоков D2 через лабиринтные уплотнения турбины. Утилизация теплоты пара, необходимой для работы эжекторов, происходит в специальном теплообменнике - охладителе 9. Назначение эжекторов в тепловой схеме ТЭЦ - создание необходимого разжижения в конденсаторе в момент запуска турбины.

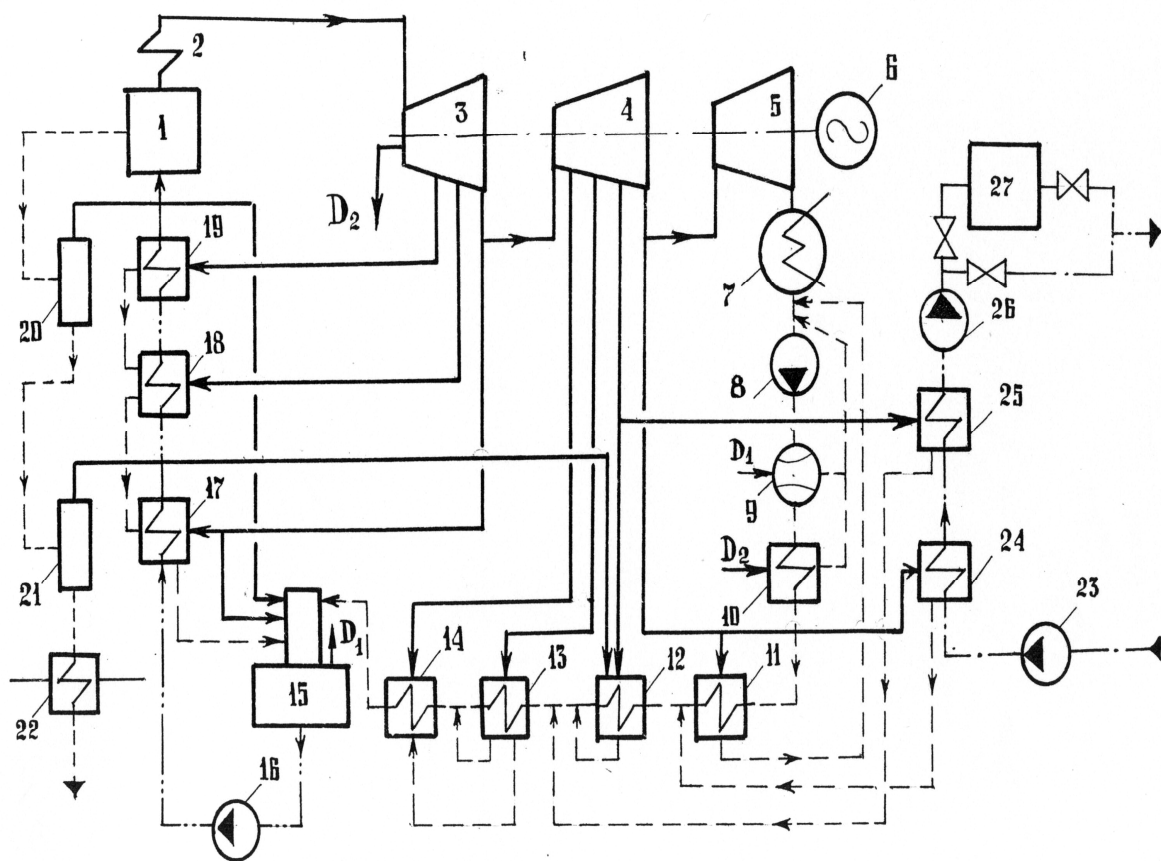


Рис. 5.1 – Принципиальная тепловая схема ТЭЦ:

- 1 – парогенератор; 2 пароперегреватель; 3, 4, 5 – паровая турбина: 3 – часть высокого давления, 4 – часть среднего давления, 5 – часть низкого давления; 6 – электрогенератор; 7 – конденсатор; 8 – конденсатный насос; 9 – охладитель эжекционной пары; 10 – подогреватель; 11-14 – подогреватели низкого давления; 15 – деаэратор; 16 – питательный насос; 17-19 – подогреватели высокого давления; 20, 21 – расширители непрерывной продувки; 22 – теплообменный аппарат; 23, 26 – сетевые насосы; 24, 25 – сетевые подогреватели; 27 – пиковый водогреющий котел.



Потоки, которые смешиваются в деаэраторе 15, образуют питательную воду, которая питательным насосом 16 через подогреватели высокого давления 17, 18, 19 подается на вход парогенератора.

Для утилизации теплоты продувочной воды в данной схеме использована двухступенчатая установка, в состав которой входят расширители непрерывной продувки 20, 21, теплообменный аппарат 22, предназначенный для подогрева дополнительной воды. Воду с линии продувки после ее охлаждения в теплообменнике 22 отводят в канализацию. Отпуск теплоты для потребностей отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, к водяным тепловым сетям происходит через сетевые подогреватели 25, 24. При низких температурах воздуха догрев воды можно осуществлять также в пиковом водогреющем котле 27. Необходимый напор воды в тепловых сетях создается сетевыми насосами 23, 26.

### **5.1 Источники теплоснабжения Харькова**

Источниками теплоснабжения Харькова являются ТЭЦ-5, ТЭЦ-4, ТЭЦ-3, крупные районные котельные и множество мелких котельных. Централизованное теплоснабжение имеет ряд преимуществ по сравнению с децентрализованным. Во-первых, это комбинированная выработка электрической и тепловой энергии, что очень важно для такого крупного города, как Харьков. Во-вторых, снижение уровня вредного воздействия на окружающую среду. Переход от индивидуального теплоснабжения к централизованному приводит к снижению уровня загрязнения атмосферы города вредными окислами углерода, азота и серы. Одним из преимуществ систем централизованного теплоснабжения является возможность перехода от одних видов топлива к другим и оптимального использования тех видов топлива, которые менее пагубно влияют на атмосферу. К системе централизованного теплоснабжения возможно подключать промышленные предприятия и мусоросжигательные заводы. Европейское сообщество планирует увеличить долю ТЭЦ в системах теплоснабжения в 2 раза. Данная стратегия состоит в увеличении финансирования на строительство ТЭЦ, применения тепловых сетей из предварительно изолированных на заводах трубопроводов, планируемое снижение выбросов углекислого газа в атмосферу. Для такого крупного города, как Харьков, этот опыт очень важен.

### **5.2 Эксплуатация паровых и водогрейных котлов ТЭЦ**

1. Пуск парового котла, подведомственного органам Госгортехнадзора, допускается после приемки газопроводов и газового оборудования, оформленной актами, рабочей комиссии, при условии регистрации (освидетельствования) котла и при наличии разрешения инспектора котлонадзора, записанного в шнуровой книге котла. Котел (водогрейный), не регистрируемый в местных органах Госгортехнадзора, растапливают по письменному распоряжению лица, ответственного за его безопасную эксплуатацию. Пуск любого котла ведется по распоряжению и под руководством начальника котельной или лица, соответствующего ему по должности, после внесения необходимой записи в журнал распоряжений и в строгом соответствии с утвержденной инструкцией.

2. Перед каждым пуском котла необходимо убедиться в наличии контрольно-измерительных приборов, заливке масла в гильзы для термометров, исправности действия предохранительных клапанов, манометров и питательных устройств.

3. Убедиться в том, что давление газа перед горелкой находится в пределах паспортных данных на горелку.

4. Убедиться, что газовая и воздушная запорная и регулирующая арматура закрыта.

5. Заполнить котлы водой, открыв вентили для спуска воздуха. Проверить заполнение по манометру. Паровой котел заполнить водой до низкого уровня воды.

6. Произвести розжиг горелки в соответствии с инструкцией на горелку. Убедиться в нормальном горении факела через гляделку.

7. Запрещается пуск в работу котлов с неисправными арматурой, питательными устройствами, автоматикой безопасности котла, средствами аварийной защиты и сигнализации.

8. Время начала растопки котла и включение его в работу записать в сменный журнал.

9. За время дежурства следить за исправностью котлов и вспомогательного оборудования, строго соблюдать установленный режим работы котлов.

10. Выявляемые в процессе работы оборудования неисправности должны записываться в сменный журнал. Для устранения неисправностей, угрожающих безопасной и безаварийной работе оборудования, должны немедленно принимать меры по их устранению.

Если неисправности собственными силами устранить невозможно, то необходимо сообщить об этом лицу, ответственному за безопасную работу котлов или начальнику смены.

11. Особенно обращать внимание на постоянное поддержание уровня воды в котлах и равномерное питание их водой. При этом не допускается: для водогрейного котла

- повышение давления в котле выше 0,6 МПа;
- повышение температуры воды в котел выше 115 °С;
- повышение давления в котле выше 0,9 МПа.

12. Проверка действия манометра проводится не реже одного раза в смену с записью в сменном журнале.

13. Проверка действия предохранительных клапанов продувкой проводится не реже одного раза в смену каждого клапана с записью в сменном журнале. Заклинивать клапана и дополнительно загружать их запрещается. Работа котлов с неисправными или неотрегулированными предохранительными клапанами запрещается.

14. Один раз в смену проверять продувкой уровень воды в котле открытием вентилей в верхних точках котла, с записью в сменном журнале.

15. Исправность подпиточных насосов проверять два раза в смену их кратковременного пуска, с записью в сменном журнале.

16. Проверить исправность и работу устройств общекотельной автоматики с помощью местных органов управления и путем имитации действий датчиков.

17. Проверить работоспособность устройств аварийной защиты и сигнализации по каждому каналу защиты путем имитации аварийных сигналов датчиков защиты. После каждого срабатывания защиты производить отключение сигнализации, нажимая сначала кнопку отмены звуковой, а затем световой сигнализации.

18. Проверить работоспособность системы автоматики запуска и зажигания путем холостого пуска - без подачи топлива.

### **5.3 Пуск водогрейных котлов**

1. Водогрейная часть котельной обслуживается без постоянного присутствия обслуживающего персонала в помещении котельной, если она является автоматизированным объектом.

Управление процессами и контроль за правильностью их ведения вынесены на диспетчерский пульт.

2. После проведения всех необходимых подготовительных операций производят вывод котельной на требуемые режимы работы, осуществляют следующие операции с диспетчерского пульта:

- запуск сетевого рабочего насоса нажатием кнопки «пуск», при этом пуск резервного насоса автоматически блокируется на заданную выдержку по времени, если в течение этой выдержки рабочий насос обеспечивает требуемый напор, резервный насос не включается, в противном случае он включится автоматически;

- запуск насоса исходной воды нажатием кнопки «пуск»;

- запуск подпиточного рабочего насоса нажатием кнопки «пуск» или автоматически при низком давлении в трубопроводе обратной сетевой воды, при этом срабатывает реле управления, если работает сетевой насос. В противном случае запуск подпиточного насоса невозможен.

3. После выполнения операций по пункту 2. котельная работает в автоматизированном режиме.

4. Для остановки котлов необходимо нажать кнопки «стоп» сетевых, подпиточных насосов и насоса исходной воды.

5. Неавтоматизированными операциями работы котельной являются периодически повторяющиеся операции по регенерации натрий-катионитового фильтра установки химводоочистки (ХВО).

### **5.4 Пуск паровых котлов**

1. Растопка парового котла производится в течение времени, установленного администрацией котельной по инструкции.

2. Перед включением котла в работу необходимо: проверить исправность действия предохранительных клапанов, водоуказательных приборов, манометров и питательных устройств; сверить показания сниженных указателей уровня

воды с указателями уровня воды прямого действия; продуть котел. Питание котла осуществляется электронасосом (включенного в работу нажатием кнопки «Пуск»).

3. Запрещается пуск котла в работу с неисправными арматурой, питательными приборами, автоматикой безопасности, средствами противопожарной защиты и сигнализации.

4. После того, как топка хорошо провентилирована (не менее 10 мин.) и проверена на отсутствие загазованности, приступают к розжигу горелок.

Вентилятор подаст воздух к основной и запальной горелке, которая поджигается высоковольтной искрой электрозапального устройства при нажатии на пульте кнопки «Пуск». При этом сначала осуществляется вентиляция топки, а затем по сигналу датчика контроля пламени газ подается в основную горелку, которая зажигается запальной в режиме «малого горения». После этого запальная горелка автоматически выключается. По сигналу датчика контроля пламени основной горелки клапан «малого горения» остается открытым, и оператор после прогрева котла в течение заданного режимной картой времени тумблером на пульте управления включает систему автоматического позиционного регулирования мощности блока в режимах 100, 40 и 0% от номинальной, обеспечивающую поддержание постоянной температуры воды на выходе из котла при переменном теплоснабжении.

5. Для обеспечения плавного подъема температуры теплоносителя розжиг ведут при малом разрежении (1-2 мм) и увеличенных расходах воздуха в топке.

6. Котельный агрегат сначала растапливают при закрытом вентиле и открытом предохранительном клапане или воздушном вентиле, предназначенном для выпуска из котла воздуха.

7. Открытый предохранительный клапан котла (или воздушный вентиль) закрывают, как только из него начнет выходить пар.

8. Водоуказательные стекла по мере загрязнения продувают дважды: при избыточном давлении в котле (по манометру)  $0,5-1 \text{ кгс/см}^2$  и перед включением котельного агрегата в паровую магистраль.

9. Растопку котельного агрегата ведут до достижения в котле разрешенного давления 0,8 МПа, т.е. достижения стрелкой манометра красной черты (при этом предохранительные клапаны должны с шумом выпускать пар).

10. Затем растапливаемый котельный агрегат подготавливают для включения в паровую магистраль (через редукционный клапан, где давление пара понижается до 0,4 Мпа). Включение котла в недействующий паропровод должно производиться медленно, после тщательного прогрева и продувки паропровода. На паропроводе при его прогревании должны быть открыты вентили и конденсатоотводчики, чтобы предотвратить гидравлические удары.

При этом необходимо следить за исправностью паропровода, опор и подвесок, а также за равномерным расширением паропровода. При возникновении вибрации или резких ударов нужно приостановить прогрев до устранения дефектов.

11. После включения котла в паропровод и достижения заданных параметров котел ставят на защиту и делают запись в сменном журнале с указанием времени включения котла в работу.

12. Система автоматики котла должна обеспечивать:

- полуавтоматический пуск и останов котлоагрегата;
- поддержание в заданных пределах давления пара и уровня воды в котле;
- регулирование подачи воздуха в соответствии с подачей топлива;
- световую сигнализацию о нормальной работе котла;
- защиту котлоагрегата при аварийном повышении давления пара, аварийном понижении уровня воды и давления воздуха, аварийном изменении давления газа, погасании пламени горелок.

## 5.5 Остановка котла

1. Остановка котлов во всех случаях, за исключением аварийной, должна производиться только после письменного распоряжения администрации.

2. При остановке водогрейного котла необходимо;

- поддерживать уровень воды в котле выше среднего рабочего положения;

- прекратить подачу топлива в топку;
- отключить котел от воды после полного прекращения горения в топке;
- произвести расхолаживание котла и спуск воды из него;
- прекратить подачу газа в горелку, а затем и воздуха;
- отключить продувочную свечу;
- провентилировать топку, газоходы и воздухопроводы.

3. При остановке парового котла необходимо:

- снизить нагрузку, по возможности в несколько этапов, добиваясь постепенного охлаждения котла и топки; выключить газовые горелки - закрыть рабочий кран и контрольную задвижку, открыть кран газопровода безопасности;

- закрыть задвижку перед котлом и открыть кран продувочной «свечи» газового коллектора;

- отключить котел от общего паропровода;

- если давление растёт выше допустимого, стравить его через предохранительный клапан в атмосферу;

- по мере необходимости поддерживать уровень воды между верхним и нижним барабаном;

- через 12-15 минут выключить вентилятор, дальнейшее охлаждение топки производить естественным путем. Повторная искусственная вентиляция топки разрешается только через 6-8 часов;

- сделать запись в сменном журнале с указанием времени остановки.

## Альтернативные источники энергии.

Самые распространенные альтернативные источники энергии для Украины - это ветровая, солнечная энергия и тепловые насосы. Солнечные нагревательные установки представляют из себя гелиоприемник, соединенный трубопроводами с баком-аккумулятором. Хорошо спроектированная система в теплые дни может полностью обеспечить потребность в горячей воде. В межсезонье и зимой она дополняет общую энергосистему, позволяя добиться значительной экономии. Среднегодовая обеспеченность горячей водой за счет солнечной установки в наших широтах составляет 60-70 %. Тепловые насосы, использующие тепло от нагретого солнцем воздуха, могут использоваться повсюду. Если тепловой насос использует тепло грунта, то в землю закладывают специальные шланги. Для обогрева дома на одну семью требуется около 300 квадратных метров земли.

### 6.1 Энергия ветра

Использование энергии ветра имеет многовековую историю. Идея преобразования энергии ветра в электрическую возникла в конце 19 века.

В СССР первая ветровая электростанция (ВЭС) мощностью 100 кВт была построена в 1931 г. у города Ялта в Крыму. Тогда это была крупнейшая ВЭС в мире. Средне-годовая выработка станции составляла 270 МВт.час. В 1942 г. станция была разрушена.

В период энергетического кризиса 70-х гг. интерес к использованию энергии возрос. Началась разработка ВЭС как для прибрежной зоны морей. Океанские ВЭС способны вырабатывать энергии больше, чем расположенные на суше, поскольку ветры над океаном более сильные и постоянные.

В Дании на полуострове Ютландия в бухте Эбельтофт с 1985 г. действуют шестнадцать ВЭС мощностью 55 кВт каждая и одна ВЭС мощностью 100 кВт. Ежегодно они вырабатывают 2800-3000 МВт.ч.

Существует проект прибрежной электростанции, использующей энергию ветра и прибоя одновременно. Главная проблема ветряных электростанций – непостоянство скорости ветра. Место расположения считается удачным, если удастся работать в среднем около трети года. Таких мест на Земле не так много, и большинство уже занято. Кроме того, скорость ветра увеличивается с высотой, поэтому использование более высоких конструкций перспективно.

### 6.2 Энергия солнца

Легко использовать солнце для отопления и горячего водоснабжения. Впрочем, популярная «солнечная установка» - бочка с водой на садовых участках – малоэффективна. Хорошие нагреватели состоят из смотрящего на юг плоского наклонного коллектора солнечных лучей и размещенного над ним бака с водой. Коллектор и бак теплоизолируют. КПД этого простого сооружения достигает 40 – 50%, и оно способно летом нагреть воду до 50 – 70 градусов.

В последнее время стали популярны воздушные коллекторы, встроенные в фасады зданий как элемент архитектуры. Оптимальный наклон коллектора примерно равен широте местности. В Европе, к примеру, на вертикальную стенку в год падает солнечной энергии примерно на 30% меньше, чем на поверхность, расположенную под углом в 45 градусов к горизонту. Такой коллектор выполняет двойную роль – нагревает теплоноситель и уменьшает тепловые потери здания.

### **6.3 Энергия земли**

Самым большим аккумулятором энергии, оказывается, является Земля. Точнее, грунт. Об этом говорят ученые, а исследования их показывают, что на глубине 10-15 метров температура земли положительна и постоянна в течение года (от +5 °С до +10 °С). И на нее не влияют ни тепло наружного воздуха, ни солнечная радиация. Такой тепловой режим формируется главным образом за счет тепла земных недр. Данный факт, собственно, и послужил толчком к созданию и использованию оборудования, с помощью которого можно обогревать дом, греть воду и кондиционировать воздух в помещениях, не нанося при этом вреда окружающей среде.

Геотермальное отопление (тепловой насос) – прекрасный альтернативный способ получения энергии для отопления дома и нагрева воды. Суть работы теплового насоса и его источник главного отличия от других теплогенераторов заключается в том, что тепло берется за счет энергией земли. Тепловой насос для отопления перекачивающий жидкость из грунта, скальной породы или озера, накопленную за теплое время года, которая в процессе обработки превращается в тепловую энергию. Около 80% всей тепловой энергии, выделяемой геотермальной системой отопления - не что иное, как энергия окружающей среды, поставляемая и накапливаемая внутри помещений. Природная энергия земли способна восстанавливаться, не нанося урон энергетическому и экологическому балансу в мире, что позволяет рассматривать геотермальные системы как абсолютно безопасные для природы.

Хотя геотермальные системы отопления в качестве источника энергии сейчас не так популярны, но весьма перспективны, за счет своих немалых преимуществ.

Преимущества геотермальных систем:

- Земля - хороший аккумулятор тепла
- Экономичность отопления
- Поддержание тепло зимой и охлаждение летом
- Уменьшение углекислого газа
- Нет нужды в дымовых трубах
- Экологичность
- Отсутствие горючих веществ
- Неисчерпаемый источник энергии земли

## **6.4 Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР)**

Вторичные энергетические ресурсы – это потенциал основного или промежуточного продукта, отходов, образующихся в технологических агрегатах, но не использованного в них. Этот потенциал может частично или полностью использоваться для теплоснабжения и других целей.

Различают ВЭР избыточного давления – потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением, которые необходимо снижать перед их использованием на следующем этапе или выбросом в атмосферу.

тепловые ВЭР – физическое тепло отходящих газов технологических установок, физическое тепло основной и побочной продукции, тепло рабочих тел систем принудительного охлаждения, тепло горячей воды и пара.

топливные ВЭР – горючие газы плавильных печей, горючие газы процессов химической и термохимической переработки сырья, отходы деревопереработки и т.п. При использовании ВЭР экономится топливо на замещаемых установках. ВЭР могут использоваться в виде топлива, для выработки тепла с паром или горячей водой, для выработки электроэнергии.

Лекция 7

## **Принципиальная схема котельной**

### **7.1 Общие сведения о котельных установках**

Котельная установка представляет собой комплекс устройств, размещенных в специальных помещениях и служащих для преобразования химической энергии топлива в тепловую энергию пара или горячей воды. Основные элементы котельной установки - котел, топочное устройство (топка), питательные и тягодутьевые устройства.

Котел - теплообменное устройство, в котором тепло от горячих продуктов горения топлива передается воде. В результате этого в паровых котлах вода превращается в пар, а в водогрейных котлах нагревается до требуемой температуры.

Топочное устройство служит для сжигания топлива и превращения его химической энергии в тепло нагретых газов.

Питательные устройства (насосы, инжекторы) предназначены для подачи воды в котел.

Тягодутьевое устройство состоит из дутьевых вентиляторов, системы газозондуховодов, дымососов и дымовой трубы, с помощью которых обеспечиваются подача необходимого количества воздуха в топку и движение продуктов сгорания по газоходам котла, а также удаление их в атмосферу. Продукты сгорания, перемещаясь по газоходам и соприкасаясь с поверхностью нагрева, передают тепло воде.



Для обеспечения более экономичной работы современные котельные установки имеют вспомогательные элементы: водяной экономайзер и воздухоподогреватель, служащие соответственно для подогрева воды и воздуха; устройства для подачи топлива и удаления золы, для очистки дымовых газов и питательной воды; приборы теплового контроля и средства автоматизации, обеспечивающие нормальную и бесперебойную работу всех звеньев котельной.

В зависимости от того, для какой цели используется тепловая энергия, котельные подразделяются на энергетические, отопительно-производственные и отопительные.

Энергетические котельные снабжают паром паросиловые установки, вырабатывающие электроэнергию, и обычно входят в комплекс электрической станции. Отопительно-производственные котельные сооружаются на промышленных предприятиях и обеспечивают тепловой энергией системы отопления и вентиляции, горячего водоснабжения зданий и технологические процессы производства. Отопительные котельные предназначаются для тех же целей, но обслуживают жилые и общественные здания.

В последнее время все чаще строят отдельно стоящие укрупненные котельные с расчетом на обслуживание группы зданий, жилого квартала, микрорайона.

Устройство встроенных в жилые и общественные здания котельных в настоящее время допускается только при соответствующем обосновании и согласовании с органами санитарного надзора.

Котельные малой мощности (индивидуальные и небольшие групповые) обычно состоят из котлов, циркуляционных и подпиточных насосов и тягодутьевых устройств. В зависимости от этого оборудования в основном определяются размеры помещений котельной.

Котельные средней и большой мощности - 3,5 МВт и выше - отличаются сложностью оборудования и составом служебно-бытовых помещений. Объемно-планировочные решения этих котельных должны удовлетворять требованиям действующих санитарных норм.

По виду вырабатываемого теплоносителя они делятся на паровые (для выработки пара) и водогрейные (для выработки горячей воды).

Энергетические котельные установки вырабатывают пар для паровых турбин на тепловых электростанциях. Такие котельные оборудуют, как правило, котлоагрегатами большой и средней мощности, которые вырабатывают пар повышенных параметров.

Производственно-отопительные котельные установки (обычно паровые) вырабатывают пар не только для производственных нужд, но и для целей отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Отопительные котельные установки (в основном водогрейные, но они могут быть и паровыми) предназначены для обслуживания систем отопления производственных и жилых помещений.

В зависимости от масштаба теплоснабжения отопительные котельные разделяются на местные (индивидуальные), групповые и районные.

Местные котельные обычно оборудуют водогрейными котлами с нагревом воды до температуры не более  $115^{\circ}\text{C}$  или паровыми котлами с рабочим давлением до 70 кПа. Такие котельные предназначены для снабжения теплом одного или нескольких зданий.

Групповые котельные установки обеспечивают теплом группы зданий, жилые кварталы или небольшие микрорайоны. Такие котельные оборудуют как паровыми, так и водогрейными котлами, как правило, большей теплопроизводительности, чем котлы для местных котельных. Эти котельные обычно размещают в специально сооруженных отдельных зданиях.

Районные отопительные котельные служат для теплоснабжения крупных жилых массивов: их оборудуют сравнительно мощными водогрейными или паровыми котлами.

Принципиальная тепловая схема котельной со стальными водогреющими котлами, которые работают на закрытую систему теплоснабжения, приведена на рис.5. В состав котельной входит такое основное оборудование: водогреющие котлы 1, сетевой насос 2, группа устройств для подготовки питательной воды перед подачей ее к котлам (аппарат химической очистки воды 7, деаэра-тор 11, теплообменный аппарат для подогревания сырой воды 8, и подогревание химочищенной воды 9,10), а также питательный 4 и подпитывающий 5 насосы.

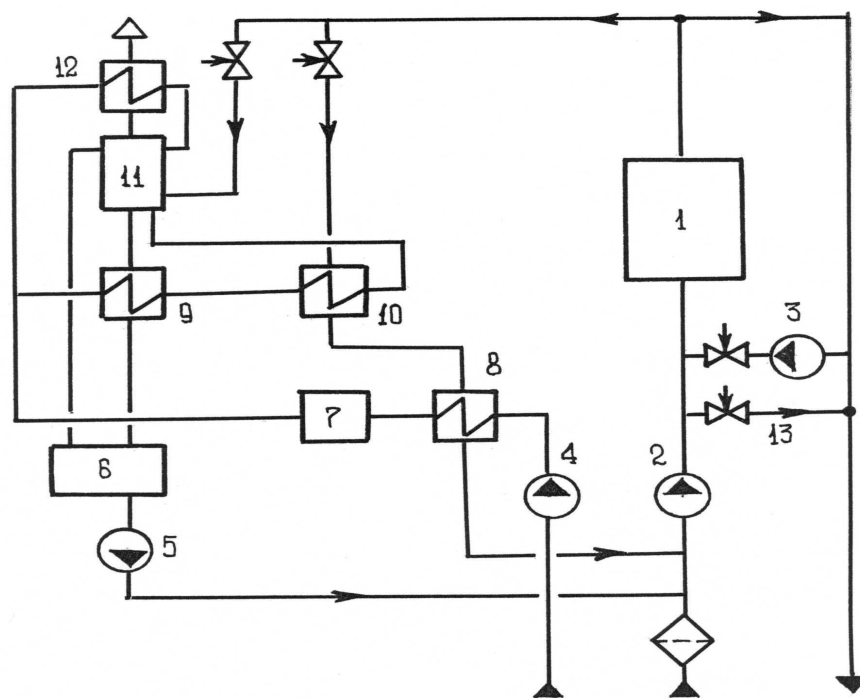


Рис. 7.1 – Тепловая схема котельной с водогрейными котлами при закрытой системе теплоснабжения:

- 1 - котел; 2 - сетевой насос; 3 - рециркуляционный насос; 4 - питательный насос; 5 - подпитывающий насос; 6 - бак подпитывающей воды; 7 - аппарат химической очистки воды; 8 – подогреватель сырой воды; 9, 10 – подогреватели химически очищенной воды; 11 - деаэрактор; 12 - охладитель испарения; 13 - линия перепуска

Вода из обратной линии тепловых сетей с небольшим напором (20-40 м вод. ст.) поступает к сетевому насосу. Туда поступает также вода от подпитывающего насоса для компенсации потерь воды в тепловых сетях. К сетевому насосу подают и горячую сетевую воду, теплота которой частично была использована для нагревания воды в теплообменных аппаратах 8, 10. При всех режимах отпуска теплоты, кроме пикового зимнего, часть воды из обратной линии по линии перепускания 13 поступает в подающую магистраль для смешивания с нагретой в котлах водой. Изменяя пропорции потоков нагретой и охлажденной воды, можно обеспечить заданную расчетную температуру в подающей магистрали тепловой сети.

Для предотвращения конденсации водяного пара, что содержится в продуктах сгорания топлива, на трубах нагревательных поверхностей котла, и для уменьшения интенсивности внешней коррозии труб необходимо обеспечить температуру воды на входе в котлы, выше температуры точки росы дымовых газов.

Минимально допустимая температура воды на входе в котлы должна быть такой: при сжигании газа - не ниже 60 °С, при работе на мазуте с низким содержанием серы - не ниже 70 °С, на мазуте с высоким содержанием серы - не ниже 110 °С. Для этого в трубопровод за сетевым насосом добавляют необходимое количество нагретой в котлах воды. Линию, которая соединяет подающий и обратный трубопроводы и осуществляет повышение температуры воды перед котлом, называют рециркуляционной. Подача воды осуществляется рециркуляционным насосом 3.

Сырая вода, которая поступает к котельной, содержит вещества: органические и минеральные примеси, соединения кальция и магния, окислы металлов, газы (кислород, диоксид углерода) и тому подобное. Наличие в воде солей кальция и магния, которые главным образом обуславливают жесткость воды, приводит при нагревании воды к образованию на стенках труб котлоагрегата слоя накипи. Образование накипи на поверхностях нагревания объясняется электростатическими процессами взаимодействия между противоположно заряженными частицами солей и металлической стенкой. Отложения, которые образуются, характеризуются малой величиной коэффициента теплопроводности и обуславливают рост термического сопротивления теплопередачи. Это приводит к снижению тепловой производительности и выходу теплообменных поверхностей из строя. Наличие в воде газов обуславливает более интенсивное протекание процессов внутренней коррозии труб котлоагрегатов.

Для устранения этих недостатков в котельных осуществляют комплекс специальных мероприятий, которые называют подготовкой воды. Процесс подготовки сырой воды можно разделить на этапы: осветление или удаление механической и органической взвеси; умягчение или удаление солей жесткости; деаэрация или удаление растворенных в воде газов.

При районном теплоснабжении источник теплоты – паровая или водогрейная котельная с установкой в ней паровых или водогрейных котельных агрегатов. В котельной вырабатывается только один вид энергии – тепловая энергия, которая отпускается потребителям в виде пара или горячей воды.

На рис. 7.2 приведена схема централизованного теплоснабжения от **водогрейной котельной**. В котельном агрегате К происходит нагрев воды путем сжигания топлива; нагретая вода по теплопроводам (подающему П и обратному О) тепловой сети циркулирует при помощи сетевых насосов СН: по подающему – к потребителям теплоты (I, II и III), а по обратному – от потребителей теплоты к насосам и снова в котельные агрегаты. Перед котельными агрегатами вода проходит грязевик Гр, где из воды удаляются взвешенные механические примеси (окалина, песок, коррозионные отложения).

В котельной предусмотрена химводоочистительная установка по подготовке воды (ХВО). Подача воды осуществляется подпиточным насосом ППН автоматически при помощи регулировочного клапана РД. В ХВО вода может умягчаться, освобождаясь от растворенных кислорода и углекислоты, а также от нерастворимых механических примесей.

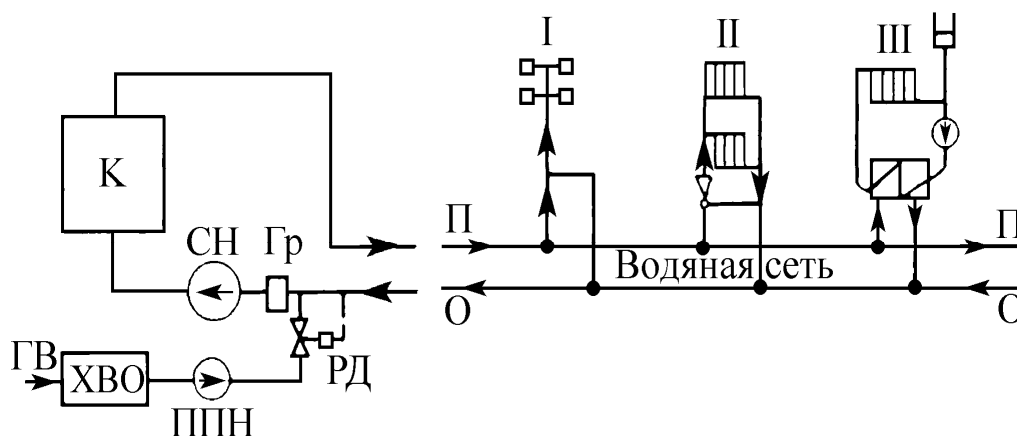


Рис. 7.2 – Схема теплоснабжения от районной водогрейной котельной:

*I – система горячего водоснабжения;*

*II – система отопления (зависимое присоединение);*

*III – система отопления (независимое присоединение).*

## 7.2 Расчет тепловой схемы котельной

Выбор типа котельной, если он predetermined внешними факторами, проводится на основе технико-экономических расчетов. Количество и единичная мощность оборудования определяется по результатам расчета тепловых схем котельных. При выборе оборудования следует стремиться к укрупнению единичной производительности.

В котельных отопительного назначения резервных котлов не устанавливают. В котельных промышленного и промышленно – отопительного назначения вопрос о резервировании паровых котлов определяется требованиями внешних потребителей. Если потребитель не допускает перерывов в подаче пара, то в котельной устанавливается минимум один резервный паровой котел и максимум два. Во всех остальных котельных резервных котлов не устанавливают.

Для расчета тепловой схемы должно быть задано:

1. Часовой отпуск тепла с горячей водой  $Q_{отп}$ , Вт

По нормам годовые потери не должны превышать 5%.

2. Часовой расход воды на выходе из теплоснабжающей станции  $G_{пр}$ , т/час.

Потери теплоносителя в сети должны составлять не более 5% объема воды в тепловых сетях, включая местные системы.

3. Часовой расход воды на входе теплоотдающей станции  $G_{об}$ , т/час.

4. Температура сетевой воды на входе и выходе теплоснабжающей станции. Зависит от метода регулирования.

Расчет тепловых схем ведется для четырех режимов:

- Максимально зимний режим (соответствует расчетной температуре  $t_{но}$ ).

По результатам расчета определяется максимальная мощность источника тепла и составляются варианты котельной по составу оборудования.

- Контрольный (соответствует средней температуре наиболее холодного месяца  $t_n^{x.m}$ ). Расчет ведется из условия выхода из строя наиболее крупного агрегата. Оставшееся оборудование должно обеспечить расчетную нагрузку на технологию, отопительно-вентиляционную при  $t_n^{x.m}$  и средненедельную на ГВС.

По результатам расчета определяется единичная мощность оборудования.

- Среднеотопительный (соответствует средней температуре за отопительный период  $t_n^{cp.o}$ ).

- Летний (при отсутствии нагрузки на отопление и вентиляцию и при сниженной нагрузке на ГВС). По результатам расчетов определяются технико-экономические показатели источника тепла.

При расчете необходимо помнить, что расход воды через котел во всех режимах должен быть постоянным. Отпуск тепла можно изменять только количеством работающих котлов.

$t_x = 5$  °С – зимой;  $t_x = 15$  °С – летом.

В результате расчета определяется количество работающих (для максимально зимнего режима – установленных) котлов. Для максимально зимнего режима минимально допустимое количество установленных котлов – 2, оптимальное – 3. Далее определяется единичная производительность котла:

$$Q_{1к}^* = \frac{Q'_{отп}}{2} \quad Q_{1к}^{**} = \frac{Q'_{отп}}{3}$$

По найденным значениям выбирается котел с производительностью из номенклатурного ряда. По выбранной производительности котла  $Q_{1к}$  определяется количество установленных котлов:

$$n' = \frac{Q'_{отп}}{Q_{1к}}$$

Количество котлов округляется до большего целого числа.

### 7.3 Аварии и неполадки при эксплуатации котельных

Аварии и неполадки вызывают большие простои оборудования котельных, перерывы в снабжении потребителей теплом и паром, выводится из строя на длительный срок оборудование, разрушаются сооружения и травмируется обслуживающий персонал. В большинстве случаев они происходят из-за несоблюдения работниками инструкций и правил техники безопасности, слабой трудовой и производственной дисциплины, низкой квалификации, некачественного ремонта оборудования.

Основными причинами аварий и неполадок являются:

- заводской брак в котле, не обнаруженный при внутреннем осмотре и гидравлическом испытании;
- неудовлетворительное состояние оборудования из-за некачественного монтажа или ремонта, а также износа или плохого качества материала, из которого изготовлены отдельные узлы;
- питание котлов и подпитка отопительных систем неподготовленной или плохо подготовленной водой, в результате чего на внутренних поверхностях нагрева образуется накипь, межкристаллитная коррозия, химическая коррозия (при наличии в воде свободного кислорода и углекислого газа).

Из-за накипи тепло продуктов сгорания не передается воде, а так как пар или вода должны быть нагреты до соответствующих параметров, приходится больше расходовать топлива, что приводит к перегреву поверхностей котла. В результате образуются выпучины и течи, а в конечном итоге это может привести к взрыву котлов.

Накипь скапливается в нижних частях котлов, образуя завалы, а это нарушает циркуляцию воды. Кроме того, она уменьшает сечение труб, поэтому через них проходит меньшее количество воды и они перегреваются, а это ведет к образованию выпучин и разрывов.

Отложение накипи также отрицательно влияет на экономическую работу котлоагрегатов, так как это приводит к большому перерасходу топлива. Например, при толщине накипи 0,5 мм расход топлива увеличивается на 1%, а при слое в 1 мм - на 3-3,5%.

Кислород и углекислый газ, имеющиеся в воде, корродируют поверхности нагрева котлов, они становятся тоньше и даже при незначительном повышении давления это может стать причиной аварии.

При наличии в воде повышенного содержания щелочи образуется межкристаллитная коррозия, которая так названа потому, что мелкие начальные трещины идут по границам кристаллов или зерен металла. Ее еще именуют каустической, или щелочной хрупкостью металла, или коррозионным растрескиванием. Этот вид коррозии очень опасен потому, что трещины развиваются в недоступных осмотру местах - в зазорах заклепочных и вальцовочных соединений. Если эти трещины своевременно не обнаружены, они могут привести к разрыву шва, что сопровождается взрывом котла. Это происходит потому, что при разрыве шва пар из котла выбрасывается наружу и давление падает, а вода в паровом котле имеет температуру выше 100 °С, поэтому она мгновенно вскипает, сильно увеличиваясь в объеме, и котел взрывается, а это приводит к

большим разрушениям и несчастным случаям. При межкристаллитной коррозии на вальцовочных концах кипячительных и экранных труб образуются кольцевые трещины, которые могут привести к выпадению трубы из гнезда, к аварии и несчастным случаям с обслуживающим персоналом (ожоги, травмы).

Трещины в трубах появляются при частой и чрезмерной вальцовке, что вызывает большие напряжения в металле, или если концы труб не отожжены перед вальцовкой. Отжиг производится для придания металлу труб большей вязкости. В результате недостаточного отжига на кромках труб во время вальцовки появляются продольные трещины. Неплотности заклепочных и вальцовочных соединений возможны из-за резкой смены температур, например, при быстрой растопке или быстром охлаждении, при заполнении котла перед растопкой очень холодной или очень горячей водой, при ее спуске и т.п.

Авария может произойти также в результате:

- технической неисправности водоуказательных приборов, продувочной и питательной арматуры, питательных и сигнальных устройств - при спуске воды в паровых котлах металл кипячительных и экранных труб, обогреваемых горячими продуктами сгорания, перегревается, вследствие чего теряет свою прочность, деформируется, а иногда и разрушается. Особенно большие аварии происходят, если при глубоком спуске котел подпитывается водой: попадая на раскаленный металл, она сильно увеличивается в объеме, образуя недопустимо высокое давление. Последствия взрыва котла тем серьезнее, чем больше воды было в котле и чем выше ее давление и температура;

- значительной перепитки котла водой. При этом котловая вода вместе с паром может быть вынесена в паропровод. Двигаясь вместе с паром с очень большой скоростью, вода, встречая на своем пути повороты и сужения, образует гидравлические удары, которые бывают чрезвычайно большой силы и могут вызвать повреждения паропроводов и арматуры. Такое же явление может произойти и в котельных с водогрейными котлами при неисправности всех питательных устройств или отключении электроэнергии. При этом вода не движется, а кирпичная кладка горячая и сохраняет тепло, поэтому вода перегревается и даже может вскипеть, что приводит к резкому увеличению объема, а это сопровождается гидравлическими ударами;

- вспенивание воды в котле при нарушении водного режима (повышенная щелочность и попадание в воду масла). Вспенивание создает обманно высокий уровень в водоуказательных стеклах и может привести к спуску воды из котла или перепитке его водой с соответствующими последствиями;

- загазованности топки или недостаточной вентиляции перед розжигом газовых горелок - происходят взрывы и хлопки в топках и газоходах, так как при концентрации газа в воздухе от 5 до 15% образуется взрывоопасная газоздушная смесь, которая при наличии источника тепла, равного температуре воспламенения, взрывается. При этом давление и температура резко возрастают, вследствие чего происходит разрушение обмуровки и даже самого котла. Кроме того, взрыв и пожар в котельной, травмирование обслуживающего персонала возможны при утечке газа из-за несоблюдения правил безопасности в газовом хозяйстве;

- нарушения режима работы горелочных устройств как следствия неправильной их регулировки, неудачного выполнения или выхода из строя отдельных узлов. Так, при работе горелок с неполным сгоранием газа часто наблюдается вибрация арматуры и трубной системы котла.

Расследование аварий и несчастных случаев должно производиться в порядке, установленном Госнадзорохрантруда Украины.

О каждом происшествии администрация котельной сообщает инспектору местного органа Госнадзорохрантруда Украины и до прибытия его на предприятие обеспечивает сохранность всей обстановки, если это не опасно для жизни людей и не вызывает дальнейшего развития аварии.

## **7.4 Аварийная остановка котла**

1. Обслуживающий персонал обязан в аварийных случаях немедленно остановить котел и сообщить об этом начальнику котельной в случаях;

- перестало действовать более 50% предохранительных клапанов;
- давление поднялось выше разрешенного более чем на 10% и продолжает расти, несмотря на прекращение подачи топлива, уменьшение тяги и успешное питание котла водой;
- произошел упуск воды из котла, подпитка котла водой при этом категорически запрещается;
- уровень воды быстро снижается, несмотря на усиленное питание котла водой;
- уровень воды поднялся выше допустимого (перепитка), и снизить его не удается продувкой котла;
- при выходе из строя всех питательных устройств или водоуказательных приборов;
- если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, огневой коробке, трубной решетке, паропроводе и др.) обнаружены трещины, выпучины, попуски в сварных швах;
- при повреждении элементов котла и его обмуровки, создающем опасность для обслуживающего персонала или угрозу разрушения котла;
- если давление газа выше или ниже заданных пределов;
- при взрыве газовоздушной смеси в топке котла, газоходе или борове;
- в случае прекращения подачи электроэнергии;
- погасании факелов в топке при камерном сжигании топлива;
- снижения расхода воды через водогрейный котел ниже минимально допустимого значения;
- снижение давления воды в тракте водогрейного котла ниже допустимого;
- повышение температуры воды на выходе из водогрейного котла до значения на 20 °С ниже температуры насыщения, соответствующей рабочему давлению воды в выходном коллекторе котла;
- неисправности автоматики безопасности или аварийной сигнализации, включая исчезновение напряжения на этих устройствах;
- возникновения пожара в котельной, угрожающего обслуживающему персоналу или котлу.



2. Порядок аварийной остановки котла должен быть указан в производственной инструкции.

3. При возникновении аварийной ситуации остановка современной водогрейной котельной производится автоматически. При этом обеспечивается индикация и запоминание первопричины аварийной ситуации производится нажатием кнопки «откл. сигнализации звуковой».

При аварийной остановке котла необходимо:

- прекратить подачу топлива и воздуха, резко ослабить тягу;
- прекратить тягу, остановив вентилятор, полностью перекрыть газовые и воздушные шиберы;
- отключить котел от воды.

Отключение аварийной световой сигнализации производится только после выяснения причины аварийной остановки котла.

До отключения звуковой и световой сигнализации автоматически пуск котла невозможен.

4. Аварийная остановка парового котла производится в такой последовательности:

- быстро нажать кнопку аварийной остановки котла; выключить газовые горелки, закрыть рабочие краны и контрольные задвижки на газопроводе, открыть краны газопроводов безопасности; отключить котел от общего паропровода; следить за давлением пара по манометру и, если оно повышается, стравить его через предохранительный клапан в атмосферу; контролировать уровень воды по водоуказательным стеклам и поддерживать его между верхним и нижним, кроме упуска воды. В этом случае необходимо охладить котел и топку до 60-70 °С, осмотреть его в присутствии администрации и только после письменного разрешения запитать котел водой до нижнего уровня и произвести его растопку; сделать запись в сменном журнале с указанием причины и времени аварийной остановки котла.

5. В случае возникновения пожара в котельной персонал должен немедленно вызывать пожарную охрану и принять меры по тушению его, не прекращая наблюдения за котлом.

6. При пожаре в котельной необходимо немедленно отключить газопровод котельной с помощью задвижки, установленной вне помещения котельной.

Лекция 8

## **Перспективы децентрализованного теплоснабжения на Украине**

В связи с возрастающим интересом к малой энергетике, как к альтернативе централизованного энергоснабжения, все чаще встает вопрос об эффективности автономных источников энергии по сравнению с централизованными энергосистемами. Децентрализация источников теплоснабжения считается одним из приоритетных направлений экономии энергоресурсов как на Украине, так и за рубежом.

Зарубежный опыт говорит о перспективности строительства котельных малой и средней мощности для обеспечения нужд отдельных потребителей. Например, в Канаде, достаточно близкой к Украине по климатическим особенностям - автономное теплоснабжение с успехом заменяет большие централизованные системы, как в крупных промышленных городах, так и в небольших поселках. Децентрализация в данном случае поддерживается правительственными программами, поскольку позволяет не только снизить финансовые затраты на отопление, но и добиться существенного экологического эффекта.

К настоящему времени на Украине создано весьма сложное положение с теплоснабжением. Продолжающееся старение оборудования, недостаток средств на замену и ремонт генерирующих установок и тепловых сетей ведут к росту аварийности. Положение усугубляется задолженностью некоторых потребителей по оплате тепла и топлива, что приводит к срывам поставок топлива. Установившиеся в последнее время более жесткие отношения энергоснабжающих организаций с потребителями в части оплаты за энергоносители, бесправность потребителей (оплата независимо от фактического расхода, рост потребительских цен на топливо), в первую очередь отражаются на теплоснабжении населения.

С одной стороны, естественно, для становления рыночной экономики, намерение полностью компенсировать затраты на функционирование систем теплообеспечения. С другой стороны, надо понимать какие расходы будет оплачивать население, и будет ли обеспечиваться при этом надежность теплоснабжения. При существующем состоянии технологического оборудования и тепловых сетей, обслуживания, управления, кроме необходимых затрат, население будет полностью оплачивать:

- завышенные цены на топливо,
- перерасход топлива из-за низкого КПД использования топлива в действующих устаревших котельных установках,
- потери тепла вследствие неудовлетворительного состояния и обслуживания тепловых сетей,
- приписки теплоснабжающих организаций, которые при отсутствии теплосчетчиков завышают объемы поставляемого тепла,
- перерасход тепла на отопление помещений, особенно в теплое время отопительного сезона из-за отсутствия возможности даже ручного регулирования,

За 3–4 десятилетия эксплуатации приходят в негодность устаревшее теплогенерирующее оборудование и тепловые сети, из-за чего почти повсеместно наблюдаются большие потери тепла. Реконструкция таких систем требует крупных разовых капиталовложений, осуществление которых в сложившихся экономических условиях весьма затруднительно.

Создание системы децентрализованного теплоснабжения возможно могло бы решить проблемы обеспечения населения теплом более экономично и с большей надежностью. При внедрении таких систем исключаются потери в тепловых сетях, повышается надежность и качество теплоснабжения.

Экономический эффект использования систем автономного теплоснабжения достигается за счет следующих факторов:

- отсутствие затрат энергии на транспортирование теплоносителя по теплосетям;
- экономия энергоресурсов от 30 до 60% за счет возможности местного регулирования тепла, в том числе и автоматического;
- высокая надежность и бесперебойность работы;
- высокий КПД оборудования, достигающий 93% за счет применения современных высокоэффективных технологий.
- сокращение количества сжигаемого топлива и применение горелочных устройств нового поколения с минимальной эмиссией вредных веществ позволяет уменьшить валовые выбросы вредных веществ в атмосферу более чем в 4,5 раза.

Харьковский регион располагает всеми необходимыми условиями для успешного внедрения систем автономного теплоснабжения.

Бытовые котлы мощностью до 100 кВт не требуют специальных помещений для установки. Госнадзорхрантруда дает разрешение на проектирование, монтаж и ремонт топочных для бытовых котлов. Эксплуатировать можно только те котлы, которые имеют украинский сертификат соответствия. В большинстве случаев отопительные котлы допускается устанавливать непосредственно в производственном помещении при условии их отделения негорючими перегородками высотой не менее 2 метров, но не ниже котла. Если установка в производственном помещении невозможна, то устраивают отдельную котельную.

Крышные котельные для теплоснабжения жилых домов и других зданий начали появляться в Украине с середины 90-х годов. В настоящее время крышный вариант автономных источников теплоснабжения широко применяется в Северной Америке (там опыт строительства и эксплуатации таких котельных насчитывает уже много десятков лет), в районах плотной городской застройки мегаполисов (Чикаго, Детройт, Сиэтл (США), Торонто и Ванкувер (Канада)), где на долю крышных котельных приходится до 80% общего производства тепловой энергии.

На сегодня существуют определенные требования к удельным весовым характеристикам оборудования крышных котельных, к его шумовым и вибрационным свойствам, к строительной части зданий, предназначенных для размещения крышных котельных и т. д. Нормативной базой для разработки автономных котельных являются СНиП 11-35–76 «Котельные установки», а также «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа, водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 115 °С». Эти нормативные документы предусматривают требования, касающиеся безопасности функционирования котельных установок. Но все равно дальнейшее совершенствование нормативно-технической базы, регламентирующей данный вид строительства, подготовка квалифицированных кадров для проектирования, монтажа и эксплуатации крышных котельных является необходимым.

Существуют некоторые ограничения для применения автономных котельных на кровлях зданий. Нормативно-правовые акты запрещают установку и эксплуатацию крышных котельных на следующих зданиях и сооружениях: детских дошкольных учреждениях, школах и учебных заведениях; зданиях больниц и поликлиник; домах отдыха, санаториях и пансионатах. Запрещается установка крышных котельных над помещениями общественных, бытовых и административных сооружений, с пребыванием в них более 50-ти человек; над производственными зданиями и складскими помещениями категорий «А» и «Б». Поэтому, учитывая перечисленные особенности, важнейшим этапом возведения крышной котельной является получение необходимых разрешений и согласований.

Кроме того, становятся очевидными непродуманные инженерные решения, как например установка жаротрубных крупногабаритных котлов, неукomплектованных сигнализацией по затопляемости и не предусматривающих замены котлов по истечению срока эксплуатации и не имеющих аварийного топливоснабжения в случае прекращения подачи газа.

В общем случае котельные должны располагаться в таких местах, чтобы над ними не было других помещений. Допускается устройство котельных на плоских крышах и в чердачных помещениях жилых и общественных зданий при условии использования котлов, работающих за счет сжигания природного газа. Создание крышных котельных запрещается в тех случаях, когда под ними могут находиться помещения с массовым пребыванием людей или наличием пожаровзрывоопасных материалов.

Технический осмотр внутренних газопроводов и теплогенераторов необходимо проводить не реже одного раза в месяц, текущий ремонт и очистку дымовых труб - не реже одного раза в год.

Крышная котельная должна быть оборудована защитой от молний. Все детали котельного оборудования, которые при аварийном состоянии могут оказаться под напряжением, должны иметь защитное заземление с занулением. Пол котельной должен иметь гидроизоляцию, рассчитанную на высоту залива водой до 10 см. Осмотр состояния оборудования котельной и контроль над нормальным функционированием должен производиться не реже одного раза в сутки. Ремонт оборудования, контрольно-измерительных приборов и автоматики крышной котельной должен производиться по утвержденному графику специализированной теплоснабжающей организацией. При остановке теплогенераторов температура воздуха в помещении котельной не должна опускаться ниже 5 °С.

Вентиляцию котельной необходимо организовать независимо от вентиляции зданий. При утечке газа из приборов и аппаратов, а также при неисправности автоматики безопасности, дымоходов, вентиляционных каналов, разрушении оголовков труб следует отключить соответствующие установки от действующего газопровода с установкой заглушки. Работы по регулировке и ремонту систем автоматизации, противоаварийной защиты и сигнализации в условиях загазованности запрещаются.

Котельные установки предназначены для отопления и горячего водоснабжения многоэтажных, многоквартирных домов, офисов, коммунальных и других сооружений. Данными котельными могут оснащаться строящиеся и на-

ходящиеся в эксплуатации здания. Варианты сборки основного оборудования котельной позволяют получать разные тепловые мощности по отоплению и горячему водоснабжению. Котельные установки могут монтироваться на крышах отапливаемых зданий или в наземном исполнении.

### 8.1 Преимущества современных автономных котельных:

1. Энергоэкономичность.
2. Работа в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала.
3. Надежная и простая конструкция.
4. Компактные, не требуют много места.
5. Комплектующие отечественного производства.
6. Не требуют строительства теплотрасс.
7. Не чувствительны к колебаниям давления газа.

Опыт эксплуатации автономных котельных установок показал, что в процессе эксплуатации трубы системы отопления не подвергаются большому накипеобразованию благодаря низкому температурному режиму и постоянному малому объему воды в тепловых системах.

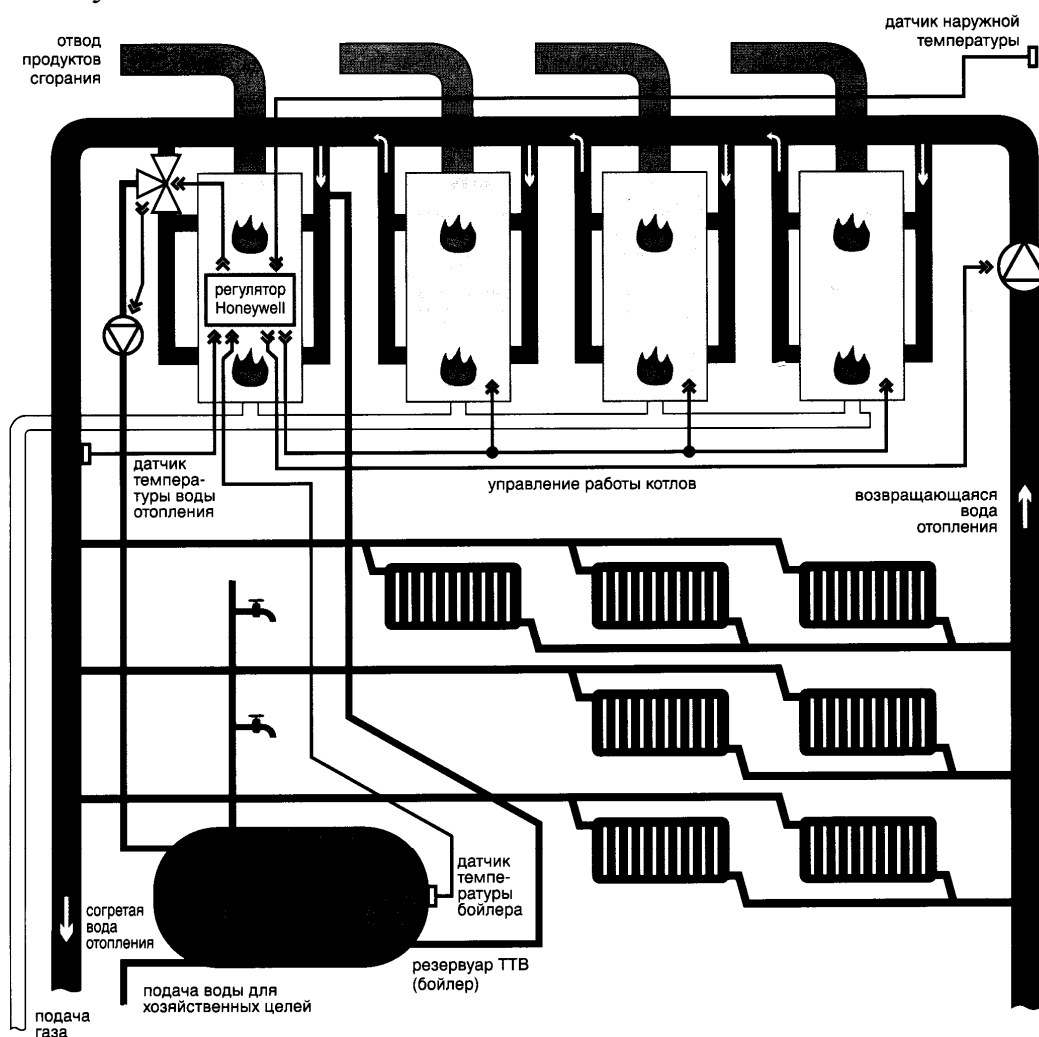


Рис. 8.1 – Схема автономной крышной котельной

В Харьковской области действует более 1000 небольших котельных. Анализ подтверждает, что многие автономные котельные технически изношены, требуют больших эксплуатационных затрат. Применение нового высокопроизводительного оборудования дает большую экономию денежных средств и энергоносителей. Затраты на капитальное строительство окупаются, как правило, в период от 6 до 18 месяцев. Резко снижаются эксплуатационные расходы (отсутствие теплотрасс), при этом гарантируется надежное качественное теплоснабжение.

## **8.2 Подготовка к работе газовой котельной:**

1. Проверить техническое состояние технологического оборудования, установленного внутри котельной.

2. Подготовка покупного оборудования к работе производится согласно инструкциям по эксплуатации на это оборудование.

3. Проверить установку ограждений, защитных устройств.

4. Опробовать вручную все механизмы.

5. Проверить правильность электрических соединений и коммуникаций согласно схемам и чертежам.

6. Котельную подключить к наружным сетям:

- водоснабжения;
- теплоснабжения;
- канализации;
- газоснабжения;
- электроснабжения;
- КИП и А.

7. Проверить наличие на маховиках арматуры знаков, указывающих направление вращения при открытии и закрытии, а на газовых кранах - наличие риска на пробках и ограничителей хода на корпусах.

8. Перед растопкой котла следует тщательно проверить:

- исправность топки и газоходов, запорных и регулирующих устройств;
- исправность контрольно-измерительных приборов, арматуры, питательных устройств, вентиляторов горелок и наличие естественной тяги;
- исправность оборудования для сжигания топливного газа у котлов;
- заполнение котла водой;
- удержание уровня воды в котле;
- нет ли заглушек и после предохранительных клапанов, на газопроводах, на питательной, спускной и продувочной линиях;
- отсутствие в газоходах посторонних предметов.

9. Перед растопкой котла должна быть произведена вентиляция топки и газоходов в течение 10-15 минут путем включения вентилятора. Для этого открыть шибер на газоходе и воздушную заслонку на вентиляторе и включить вентилятор. Наличие тяги в топке проверить по тягометру.

10. Вся запорная арматура на газопроводах должна быть закрыта, а на краны на продувочных газопроводах открыты.

11. Убедиться в отсутствии утечек газа ан газопроводе, газооборудовании и арматуре путем их обмыливания, пользоваться открытым огнем при выполнении этой работы категорически запрещается.

12. Отрегулировать тягу растапливаемого котла, установив разрежение в топке 2-3 мм.вод.ст. (для этого прикрывают воздушную заслонку вентилятора).

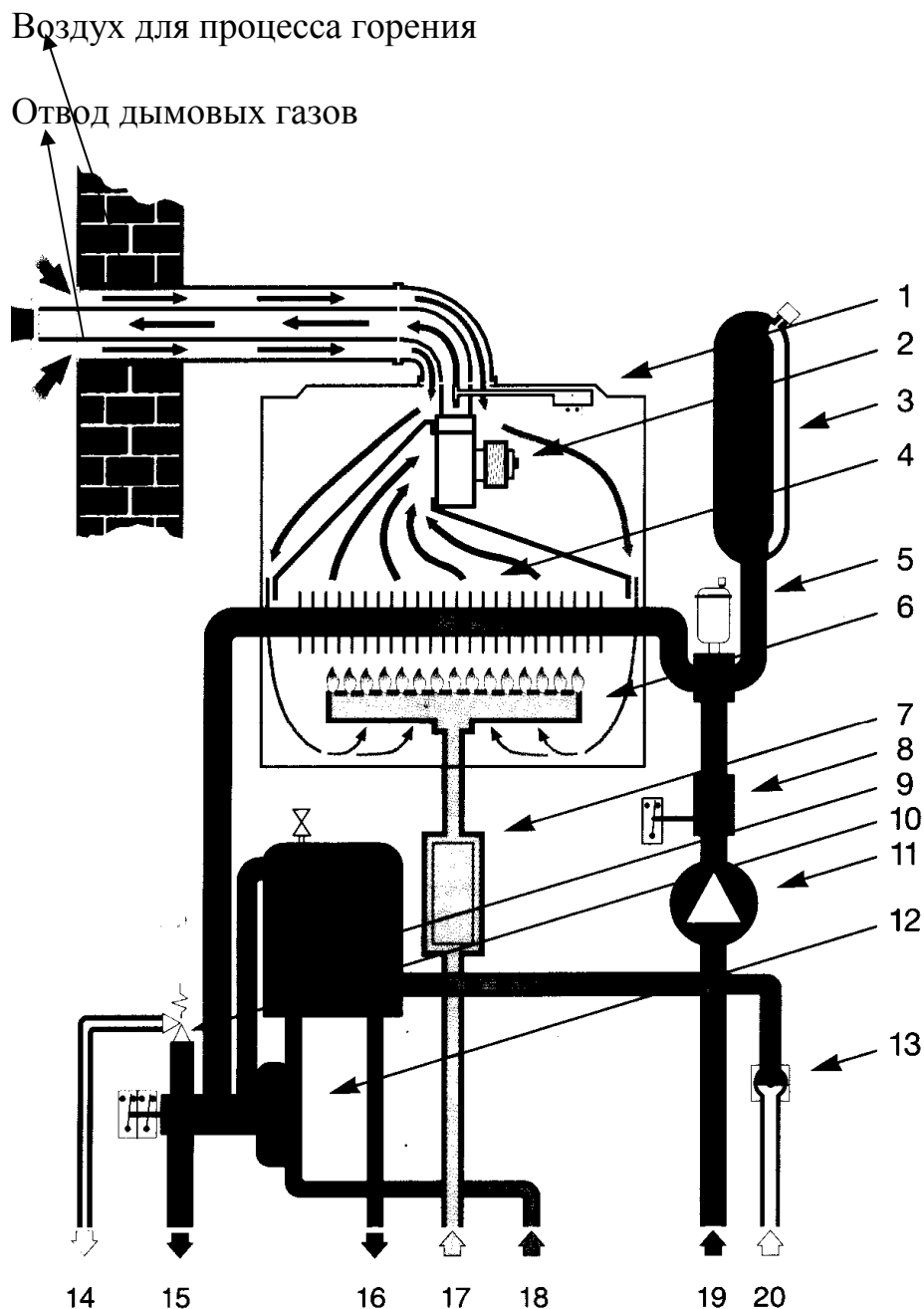


Рис. 8.2 – Схема водогрейного котла:

1 – регулятор давления; 2 – дымоход; 3 – расширительный сосуд; 4 – теплообменник дымовые газы – вода; 5 – воздушный вентиль; 6 – горелка; 7 – газовые вентили; 8 – выключатель; 9 – теплообменник вода – вода; 10 – предохранительный клапан; 11 – циркуляционный насос; 12 – трехходовой вентиль; 13 – вентиль заполнения системы; 14 – отвод от предохранительного клапана; 15 – горячая вода на отопление; 16 – вода в систему горячего водоснабжения; 17 – подвод газа; 18 – подвод холодной воды; 19 – обратная вода из системы отопления; 20 – подпитка системы водой.

### **8.3 Эксплуатация котельной**

Руководство предприятия должно обеспечить содержание котлов в исправном состоянии и безопасные условия их эксплуатации путем организации надлежащего обслуживания.

В этих целях владелец котлов обязан:

- назначить ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов из числа инженерно-технических работников, прошедших проверку знаний в установленном порядке;
- обеспечить инженерно-технических работников правилами и руководящими указаниями по безопасной эксплуатации котлов (циркулярами, информационными письмами, инструкциями);
- назначить в необходимом количестве лиц обслуживающего персонала, обученного и имеющего удостоверение на право обслуживания котлов, приборов безопасности, контрольно-измерительных приборов, химводоочистки, питательных насосов и другого вспомогательного оборудования;
- разработать и утвердить производственную инструкцию для персонала, обслуживающего котлы, на основе «Типовой инструкции для персонала котельной» и «Инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации котла».

Производственная инструкция должна находиться на рабочих местах и выдаваться под расписку обслуживающему персоналу;

- установить такой порядок, чтобы персонал, на который возложены обязанности по обслуживанию котлов, вел тщательные наблюдения за порученным ему оборудованием путем осмотра, проверки исправности действия арматуры, КИП, предохранительных клапанов, средств сигнализации и защиты, питательных насосов. Для записи результатов осмотра и проверки должен вестись сменный журнал;

- установить порядок и обеспечить периодичность проверки знаний руководящими и инженерно-техническими работниками правил, норм и инструкций по технике безопасности в соответствии с «Типовым положением об учебе, инструктаже и проверке знаний работников по вопросам охраны труда;

- организовать периодическую проверку знаний персоналом производственных инструкций;

- организовать контроль за состоянием металла элементов котла в соответствии с инструкцией по монтажу и эксплуатации предприятия-изготовителя;

- обеспечить выполнение инженерно-техническими работниками Правил, а обслуживающим персоналом - инструкций;

- обеспечить проведение технических освидетельствований и диагностирования котлов в установленные сроки.

Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию котлов имеет право:

- отстранять от обслуживания котлов персонал, допускающий нарушение инструкций или показаний неудовлетворительные знания;



- представлять руководству предприятия предложения по привлечению к ответственности инженерно-технических работников и лиц из числа обслуживающего персонала, нарушающих правила инструкции;

- представлять руководству предприятия предложения по устранению причин, порождающих нарушения требований правил и инструкций.

#### **8.4 Обслуживание котельной**

1. К обслуживанию котлов могут быть допущены лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные, аттестованные и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов.

2. Обучение и аттестация машинистов (операторов) котельной проводится по разрешению органов Госнадзорохрантруда Украины в профессионально-технических училищах, а также на курсах, специально создаваемых предприятиями. Индивидуальная (самостоятельная) подготовка персонала не допускается.

3. Аттестация машинистов (операторов) котлов проводится комиссией с участием инспектора Госнадзорохрантруда Украины. Лицам должны быть выданы удостоверения за подписью председателя комиссии и инспектора Госнадзорохрантруда Украины.

4. О дне проведения аттестации администрация обязана уведомить местный орган Госнадзорохрантруда Украины не позднее чем за 5 дней.

5. Периодическая проверка знаний персонала, обслуживающего котлы, должна проводиться не реже 1 раза в год.

6. Кроме того, указанному персоналу не реже одного раза в квартал ответственным за безопасную эксплуатацию котлов проводится повторный инструктаж с проверкой знаний по безопасности труда. Результаты проверки знаний обслуживающего персонала оформляются протоколом за подписью председателя и членов комиссии с отметкой в удостоверении.

7. Допуск персонала к самостоятельному обслуживанию котлов должен оформляться приказом по цеху или предприятию.

8. Запрещается поручать машинисту (оператору) котельной, находящемуся на дежурстве, выполнение во время работы котла каких-либо других работ, не предусмотренных производственной инструкцией.

9. Запрещается оставлять котел без постоянного обслуживающего персонала как во время работы котла, так и после его остановки до снижения давления в нем до атмосферного.

10. Принципиальная схема трубопроводов котельной должна быть выполнена на рабочем месте и у диспетчера, а также выдана на руки персоналу котельной.

11. Вступление персонала котельной на дежурство и уход с дежурства должны производиться с соблюдением «Правил внутреннего распорядка».

12. При поступлении на дежурство персонал котельной обязан ознакомиться с записями в сменном журнале и проверить исправность обслуживаемых котлов и относящегося к ним оборудования, а также исправность аварийного освещения и сигнализации для вызова администрации.

13. Прием и сдача дежурства должны оформляться начальником смены в сменном журнале с указанием результатов проверки котлов и относящегося к ним оборудования, водоуказательные приборы, сигнализаторов предельных уровней воды, предохранительных клапанов, питательных устройств и автоматики.

14. Запрещается принимать и сдавать дежурство во время ликвидации аварий в котельной.

### **8.5 Техника безопасности и противопожарные мероприятия при эксплуатации котельных**

1. Помещение котельной и все ее оборудование должны содержаться в исправном состоянии и надлежащей чистоте. Запрещается загромождать помещение котельной, хранить в нем какие-либо материалы и предметы. Проходы и выходы из котельной должны быть всегда свободными. Двери котельной должны легко открываться.

2. До начала проведения каких-либо работ внутри котла, соединенного с другими работающими котлами общими трубопроводами, а также перед осмотром или ремонтом элементов, работающих под давлением, котел должен быть отделен от всех трубопроводов заглушками.

3. Перед работой топка и газоходы должны быть хорошо провентилированы, освещены и надежно защищены от возможного проникновения газов и пыли из газоходов работающих котлов.

4. На вентилях, задвижках и шибергах при отключении участков трубопроводов и газоходов, а также на пусковых устройствах вентиляторов горелок и питателях топлива должны быть вывешены плакаты "НЕ ВКЛЮЧАТЬ, РАБОТАЮТ ЛЮДИ" У пусковых устройств вентиляторов горелок и питателям топлива должны быть сняты плавкие вставки.

5. Если в котельной не работали все котлы, то при входе в нее следует проверить газосигнализатором наличие газа в помещении.

6. При обнаружении признаков загазованности помещения включение и выключение электроосвещения и электрооборудования запрещается.

7. Включение электроосвещения разрешается только после того, как проверкой будет установлено, что помещение котельной не загазовано.

8. Для предотвращения несчастных случаев запрещается:

- включать насосы без ограждения вращающихся частей;
- закрывать места притока воздуха в котельную;
- начинать работу при незаземленных корпусах электрооборудования и котельной в целом.

9. Обслуживающему персоналу неукоснительно выполнять требования по технике безопасности в соответствии с "Правилами безопасности в газовом хозяйстве", "Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов", "Правила устройства электроустановок".

10. Металлические части электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением в следствии нарушения изоляции заземлить.

11. Чалочные и грузозахватные приспособления (траверса), применяемые для погрузки, выгрузки монтажа и демонтажа оборудования котельной не должны иметь повреждений, на каждом из них указание о сроке испытания и грузоподъемности.

12. В помещении котельной должны находиться на видном месте два огнетушителя порошковых ОП-10/3. Снаружи котельной, у входа должен быть оборудован противопожарный щит со следующим набором:

- лом или багор - 1 шт.,
- ведро - 2 шт.,
- ящик с песком 0,5 м<sup>3</sup> - 1 шт.,
- лопата - 2 шт.

13. Источником опасности при эксплуатации устройств КИП и А котельной является электрический ток и газообразное топливо.

При эксплуатации КИП и А необходимо соблюдать "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правила техники безопасности при эксплуатации установок потребителей для установок напряжением до 1000 В, а также "Правила безопасности в газовом хозяйстве". К эксплуатации допускается персонал, прошедший проверку знаний по вышеперечисленным правилам и имеющий квалификационную группу не ниже II. Эксплуатация оборудования разрешается только при наличии инструкции по технике безопасности, утвержденной руководителем предприятия-потребителя.

## Лекция 9

### **Влияние качества воды на эксплуатацию тепловых систем**

В настоящее время при выборе и реконструкции систем теплоснабжения руководствуются, как правило, технико-экономическими показателями различных систем. При этом характер исходной воды, подлежащей нагреву, принимается во внимание недостаточно. Качество нагреваемой воды влияет на состояние оборудования и трубопроводов систем теплоснабжения.

В Харькове принята закрытая система теплоснабжения. Нагрев воды для горячего водоснабжения происходит, в основном, в водоподогревателях, расположенных в ЦТП. Источником воды является городской водопровод, который в настоящее время питается водой рек Северский Донец (600000 м<sup>3</sup>/сут), Днепр (100000 м<sup>3</sup>/сут) и артезианскими источниками (100000 м<sup>3</sup>/сут). Вода городского водопровода мало окисляема (4 мг/л O<sub>2</sub>), суммарное содержание сульфатов и хлоридов 100 мг/л, агрессивна и склонна к интенсивному накипеобразованию (карбонатная жесткость более 4 мг-экв/л).

Применение в условиях Харькова существующих систем теплоснабжения влечет за собой интенсивную коррозию трубопроводов и засорение их продуктами накипеобразования. Для кардинального решения вопроса необходим серьезный пересмотр технологии очистки воды на городских очистных сооружениях.

Представляет интерес модифицированная схема абонентских вводов в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП), предложенная Н. К. Громовым. Эта схема с рассредоточенным размещением подогревателей горячего водоснабжения. Предварительные экономические сопоставления показали, что по всем технико-экономическим показателям (приведенные затраты, трудоемкость обслуживания, температурные и гидравлические режимы) система с ИТП не уступает системам с двухступенчатым последовательным присоединением подогревателей горячего водоснабжения при установке последних в теплораспределительных станциях (ЦТП). Предполагается, что размещение подогревателей горячего водоснабжения в непосредственной близости от потребителей горячей воды облегчает проведение мероприятий по снижению агрессивности и накипеобразования. В частности, при использовании агрессивной воды в Харькове становится возможным снижение температуры нагрева воды в системах горячего водоснабжения до 55°C, применение оцинкованных, полимерных и многослойных труб, отказ от устройства циркуляционных линий. Поскольку водопроводная вода в Харькове имеет высокую карбонатную жесткость, эти мероприятия можно дополнить применением недорогих и не требующих никакого обслуживания магнитных приборов. Эффект достигается за счет применения в конструкции постоянных магнитов, заряженных таким образом, что вода проходит обработку как в многополюсном магнитном аппарате. При этом не требуется установка дополнительного оборудования и специального обслуживания аппаратов. Попытки решения проблемы коррозии и накипеобразования до сих пор не увенчались успехом, в частности, из-за большого радиуса действия современных теплораспределительных станций. Применение электромагнитных устройств на ЦТП сопровождается интенсификацией вторичного накипеобразования. Применение силикатирования воды или ее вакуумной деаэрации наталкивается на серьезные организационные трудности.

Основные направления улучшения работы систем теплоснабжения:

- совершенствование физических методов предупреждения накипеобразования (магнитные и ультразвуковые поля и их сочетания);
- применение ингибиторов с антинакипным и антикоррозионным действием;
- совершенствование деаэрации местной воды;
- применение новых конструкций и новых материалов для оборудования, подогревательных устройств и трубопроводов систем теплоснабжения (трубопроводов легированных оцинкованных, из полимерных материалов, металлопластиковых трубопроводов, применение защитных покрытий - стеклоэмалевых, кремнийорганических и других);
- применение модернизированной схемы абонентских вводов в ИТП;
- совершенствование технологии обработки воды на водопроводных очистных сооружениях города с целью снижения агрессивности воды и ее жесткости.

## 9.1 Коррозия и накипь в системах теплоснабжения

Надежность работы поверхностей нагрева котельных агрегатов и систем теплоснабжения зависит от качества питательной и подпиточной воды. Показателями качества воды являются прозрачность, т.е. содержание взвешенных веществ, удаляемых при механическом фильтровании; сухой остаток – содержание минеральных и органических примесей после выпаривания; жесткость – содержание солей кальция и магния; щелочность; содержание агрессивных газов, прежде всего кислорода.

Основной задачей подготовки воды является борьба с коррозией и накипью. Требования к качеству воды в паровых и водогрейных котельных различные, т.к. в паровых котельных вода испаряется, а в водогрейных - только нагревается.

Наиболее важным показателем качества воды является ее жесткость. Различают жесткость постоянную (некарбонатную), обусловленную наличием в воде хлоридов, сульфатов и других некарбонатных солей кальция и магния, и временную (карбонатную), обусловленную присутствием в воде бикарбонатов кальция и магния.

Общая жесткость равна сумме концентраций катионов кальция и магния.

$$Ж_0 = Ж_{Ca} + Ж_{Mg} \text{ (мг-экв/кг)}.$$

Для пересчета концентраций кальция и магния, выраженных в мг/кг, в мг-экв/кг их делят на эквивалентные массы этих катионов

Сухим остатком, или солесодержанием называют количество солей, оставшееся после выпаривания воды, мг/кг.

Нормы качества питательной воды для паровых котлов зависят от типа котла и вида топлива. Общая щелочность и сухой остаток питательной воды не нормируются, а обуславливаются выбранными методами обработки воды.

Источниками водоснабжения для котельных могут служить поверхностные воды рек, озер и искусственных водохранилищ, а также подземные воды из артезианских скважин. Поверхностные воды всегда содержат растворенные вещества и нерастворенные примеси. Подземные воды прозрачны, но солей содержат больше. Чаще всего для водоснабжения используется воды рек и озер.

## 9.2 Защита тепловых сетей от внутренней коррозии

При выборе способа защиты стальных труб тепловых сетей от внутренней коррозии и схем подготовки подпиточной воды следует учитывать следующие основные параметры сетевой воды:

- жесткость воды
- водородный показатель рН;
- содержание в воде кислорода и свободной угольной кислоты;
- содержание сульфатов и хлоридов, щелочность;
- содержание в воде органических примесей (окисляемость воды).

Защиту труб от внутренней коррозии следует выполнять путем:

- повышения рН в пределах рекомендаций нормативных документов;
- уменьшения содержания кислорода в сетевой воде;

- покрытия внутренней поверхности стальных труб антикоррозионными составами или применения коррозионностойких сталей;
- применения безреагентного электрохимического способа обработки воды;
- применения водоподготовки и деаэрации подпиточной воды;
- применения ингибиторов коррозии.

Для контроля за внутренней коррозией на подающих и обратных трубопроводах водяных тепловых сетей для контроля за внутренней коррозией на выводах с теплоисточника, концевых участках и в трех наиболее характерных промежуточных узлах следует предусмотреть установку индикаторов коррозии.

### **9.3 Защита тепловых сетей от наружной коррозии**

При проектировании должны предусматриваться конструктивные решения, предотвращающие наружную коррозию труб тепловой сети.

Для конструкций теплопроводов в пенополиуретановой теплоизоляции с герметичной наружной оболочкой нанесение антикоррозионного покрытия на стальные трубы не требуется, но обязательно устройство системы оперативного дистанционного контроля, сигнализирующей о проникновении влаги в теплоизоляционный слой.

Для конструкций теплопроводов с другими теплоизоляционными материалами независимо от способов прокладки должны применяться антикоррозионные покрытия, наносимые непосредственно на наружную поверхность стальной трубы.

Неизолированные в заводских условиях концы трубных секций, отводов, тройников и других металлоконструкций должны покрываться антикоррозионным слоем.

При бесканальной прокладке в условиях высокой коррозионной активности грунтов, в поле блуждающих токов при положительной и знакопеременной разности потенциалов между трубопроводами и землей должна предусматриваться дополнительная защита металлических трубопроводов тепловых сетей, кроме конструкций с герметичным защитным покрытием.

В качестве дополнительной защиты стальных трубопроводов тепловых сетей от коррозии блуждающими токами при подземной прокладке (в непроходных каналах или бесканальной) следует предусматривать мероприятия:

- удаление трассы тепловых сетей от рельсовых путей электрифицированного транспорта и уменьшение числа пересечений с ним;
- увеличение переходного сопротивления строительных конструкций тепловых сетей путем применения электроизолирующих неподвижных и подвижных опор труб;
- увеличение продольной электропроводности трубопроводов путем установки электроперемычек на сальниковых компенсаторах и на фланцевой арматуре;
- уравнивание потенциалов между параллельными трубопроводами путем установки поперечных токопроводящих перемычек между смежными трубопроводами при применении электрохимической защиты;

- установку электроизолирующих фланцев на трубопроводах на вводе тепловой сети (или в ближайшей камере) к объектам, которые могут являться источниками блуждающих токов (трамвайное депо, тяговые подстанции, ремонтные базы);

- электрохимическую защиту трубопроводов.

Поперечные токопроводящие перемычки следует предусматривать в камерах с ответвлениями труб и на транзитных участках тепловых сетей.

Токопроводящие перемычки на сальниковых компенсаторах должны выполняться из многожильного медного провода, кабеля, стального троса, в остальных случаях допускается применение прутковой или полосовой стали.

Сечение перемычек надлежит определять расчетом и принимать не менее  $50 \text{ мм}^2$  по меди. Длину перемычек следует определять с учетом максимального теплового удлинения трубопровода. Стальные перемычки должны иметь защитное покрытие от коррозии.

Контрольно-измерительные пункты (КИП) для измерения потенциалов трубопроводов с поверхности земли следует устанавливать с интервалом не более 200 м:

- в камерах или местах установки неподвижных опор труб вне камер;

- в местах установки электроизолирующих фланцев;

- в местах пересечения тепловых сетей с рельсовыми путями электрифицированного транспорта; при пересечении более двух путей КИП устанавливаются по обе стороны пересечения с устройством при необходимости специальных камер;

- в местах пересечения или при параллельной прокладке со стальными инженерными сетями и сооружениями;

- в местах сближения трассы тепловых сетей с пунктами присоединения отсасывающих кабелей к рельсам электрифицированных дорог.

При подземной прокладке теплопроводов для проведения инженерной диагностики коррозионного состояния стальных труб неразрушающими методами следует предусматривать устройство мест доступа к трубам в камерах тепловых сетей.

#### **9.4 Сущность процесса деаэрации**

Процесс деаэрации (дегазации) воды заключается в удалении из нее коррозионно-агрессивных газов кислорода и свободной углекислоты, находящихся как в растворенном состоянии, так и образующихся при термическом разложении бикарбонатов и карбонатов.

Исходя из того, что растворимость газа в растворе пропорциональна его парциальному давлению над раствором, для глубокого удаления из воды растворенных кислорода и углекислоты, необходимо создать условия, при которых происходит максимальное снижение их парциального давления над поверхностью деаэрируемой воды.

Такие условия достигаются при нагревании воды до температуры ее кипения при данном давлении, когда над водой будет находиться только водяной пар и, следовательно, парциальное давление растворенных газов будет близким

к нулю. Для облегчения и ускорения выхода воды из пузырьков выделившегося газа, необходимо обеспечить распыление деаэрируемой воды на мельчайшие капли. Деаэрация осуществляется в специальных устройствах – деаэраторах.

Наибольшее применение получили термические деаэраторы и смешивающего типа атмосферного низкого давления (0,02-0,025 МПа), барботажные устройства, а также вакуумные деаэраторы и декарбонизаторы.

Термические деаэраторы и барботажные устройства устанавливаются в паровых котельных (или ЦТП при наличии пара) для деаэрации питательной и подпиточной воды с помощью пара (со среднечасовым расходом деаэрируемой воды не менее 50 т/ч) (рис. 1).

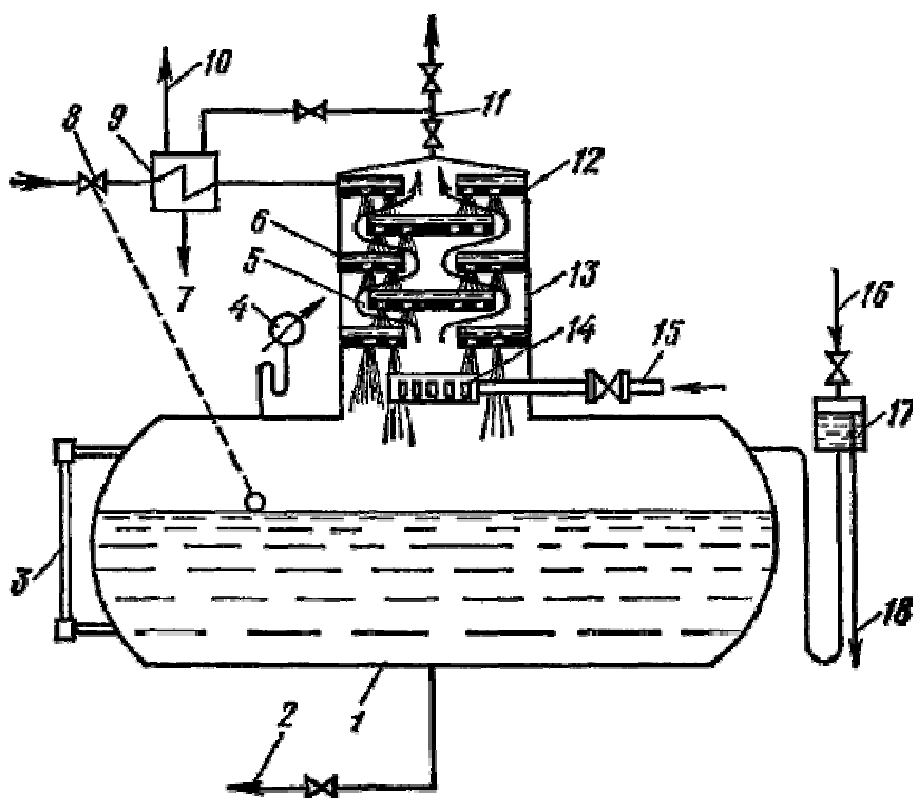


Рис. 9.1 –Атмосферный деаэратор смешивающего типа:

- 1 - бак-аккумулятор; 2 - выпуск питательной воды; 3 - водоуказательное стекло; 4 - манометр; 5, 6, 12 - тарелки; 7 - спуск воды в дренажный бак; 8 - регулятор уровня; 9 - газоохладитель; 10 - выпуск пара в атмосферу; 11, 14 и 15 - трубы и патрубков подачи пара; 13 - колонка деаэратора; 16 - впуск воды в гидрозатвор; 17 - гидрозатвор; 18 - перелив воды из гидрозатвора.

Деаэратор состоит из бака-аккумулятора 1 и колонки 13, внутри которой установлен ряд распределительных тарелок 5, 6, 12, по которым стекает вниз тонкими струйками питательная вода, а навстречу ей по патрубку 14 подается греющий пар.



Питательная вода нагревается встречным паром до температуры 104-105°C и начинает кипеть. Выделяющиеся при этом растворенные в воде газы (кислород, азот, углекислота и часть не сконденсировавшихся паров воды) поступают в охладитель 9, где пары конденсируются, а охладившиеся газы удаляются в атмосферу.

Освобожденная от кислорода и подогретая до 104-106 °С вода собирается в сборный бак, расположенный под колонкой 13 деаэратора, откуда расходуется на подпитку котлов, тепловых сетей, систем отопления и др. Вместо тарелок в некоторых типах деаэраторов размещают специальные насадки из керамических колец, омегаобразных элементов, наклонных или зигзагообразных элементов, создающих высокую плотность орошения.

Схему и конструкцию барботажных деаэраторов выполняют различными. На рис. 9.2 показана схема барботажного устройства, располагаемого в баке-аккумуляторе.

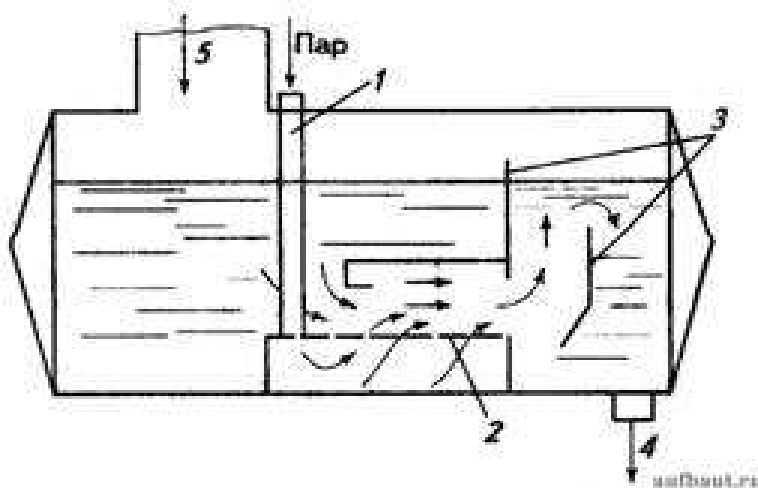


Рис. 9.2 – Схема барботажного устройства

Пар по трубе 1 подается под перфорированный лист 2 навстречу воде, поступающей из деаэрационной колонки 5 и направляется перегородками 3 к выходному патрубку 4.

Деаэрационная колонка состоит из цилиндрического корпуса с внутренним диаметром 500 мм. В верхней части колонки установлен тарельчатый перфорированный водораспределитель. В корпусе колонки имеется решетка, на которую укладываются керамические кольца Рашига диаметром 25±2 мм. Высота слоя колец 500 мм.

На колонке предусмотрены штуцера для размещения датчиков регулятора уровня. Регулятор уровня воздействует на электромагнитный клапан и регулирует уровень воды в деаэрационной колонке в интервале ±120 мм от среднего уровня.

Схемой автоматики предусмотрено два режима работы: ручной и автоматический.

Ручное управление установкой осуществляется путем включения и выключения насосов и электромагнитного вентиля с помощью пусковых кнопок и тумблеров. для этого необходимо переключатель режима работы поставить в положение «ручной». Циркуляционный и подпиточный насосы управляются кнопками, а электромагнитный вентиль тумблером.

Если разряжение в деаэрационной колонке отсутствует, то по нижнему контакту электроконтактного вакуумметра включается циркуляционный насос. При достижении заданной величины разряжения по сигналу от верхнего контакта циркуляционный насос отключается.

Если в деаэрационной колонке отсутствует вода, то при наличии в ней заданного разряжения по сигналу датчика нижнего уровня регулятора – сигнализатора уровня откроется электромагнитный клапан и включится циркуляционный насос и останется включенным до тех пор пока в колонке не будет достигнут средний уровень. По сигналу среднего уровня электромагнитный вентиль и циркуляционный насос отключается.

Если давление в обратной теплосети низкое, то при наличии воды в колонке по сигналу от нижнего контакта электроконтактного манометра включается подпиточный и циркуляционный насосы, а электромагнитный вентиль остается включенным до тех пор, пока давление в обратной линии теплосети не повысится и замкнется верхний контакт.

При отсутствии пара в котельных с водогрейными котлами и в ЦТП для деаэрации воды применяют деаэраторы вакуумного типа.

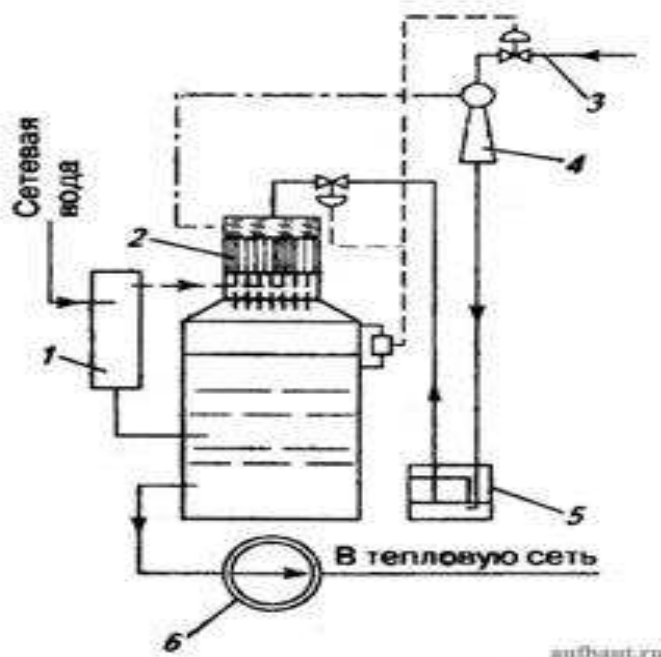


Рис. 9.3 – Принципиальная схема вакуум-деаэрационной установки:  
 1 - вакуум-испаритель; 2 - деаэрационная головка; 3 - вход сырой воды;  
 4 - водоструйный эжектор; 5 - бакгазоотделитель;  
 6 - подпиточный насос теплосети

Дегазация питательной воды в колонках 2 производится за счет вакуума, создаваемого водоструйными эжекторами 4. Не деаэрированная вода проходит под давлением насоса через сопло водоструйного эжектора, отсасывающего газы (выпар) из головки деаэратора. Из эжектора водогазовая смесь направляется в бакгазоотделитель 5, где газы выходят в атмосферу. Из бакгазоотделителя вода под действием вакуума поступает в колонку пленочного деаэратора 2. Для улучшения процесса десорбции газов из воды в нижнюю часть колонки подается пар, получаемый из сетевой воды в вакуумиспарителе 1.

При оптимальных условиях работы термических и вакуумных деаэраторов остаточное содержание растворенного кислорода в выходящей из деаэратора воде удается довести до величины не ниже 0,02-0,03 мг/кг, что в большинстве случаев отвечает требованиям действующих норм.

Разновидностью вакуумных деаэраторов являются так называемые щелочные деаэраторы, получившие в последние годы широкое применение.

### **9.5 Контроль и техника безопасности при работе с деаэратором**

Для обеспечения заданного качества деаэрированной воды при эксплуатации деаэратора необходимо:

- поддерживать температуру после водоподогревателя в пределах  $60 \div 70$  °С;
- следить за уровнем в деаэрационной колонке;
- поддерживать давление в деаэрационной колонке в соответствии с температурой деаэрируемой воды;
- следить за работой циркуляционного насоса, чтобы давление было  $2,5 \div 3,0$  кгс/см<sup>2</sup>;
- не реже двух раз в смену производить отбор проб деаэрированной воды для определения содержания в ней кислорода и свободной углекислоты;

Обслуживание блока деаэрационной установки может быть разрешено лицам не моложе 18 лет, прошедшим медицинское освидетельствование, инструктаж по технике безопасности, ознакомленным с действующей инструкцией и допущенным квалифицированной комиссией.

До начала проведения каких-либо работ внутри деаэрационной колонки, соединенной с другими работающими установками общими трубопроводами (напорными, дренажными, спускными линиями) разобцительная арматура должна быть закрыта, а при необходимости установлены заглушки.

Открывать люк разрешается только при полном отсутствии разряжения в оборудовании.

Место работы должно быть хорошо освещено, при необходимости должны быть использованы переносные светильники с напряжением 12 В. Закрывать колонку разрешается после осмотра и отсутствия внутри ее посторонних предметов.

Графики капитальных ремонтов установки должны быть разработаны по существующим нормам. Не допускается загромождать площадку вокруг установки посторонними предметами.

Монтаж, наладка и эксплуатация системы автоматики должны производиться в соответствии с «Правилами устройства электрических установок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителем».

При профилактических и ремонтных работах с элементами системы автоматики питание должно быть отключено.

Для предупреждения несчастных случаев запрещается:

- включать насосы без ограждения вращающихся частей;
- производить смазку подшипников во время работы двигателей насосов;
- начинать работу при незаземленном электрооборудовании.

Деаэрация воды при низких рН удачно сочетается также с дозировкой в воду ингибитора коррозии - силиката натрия (жидкого стекла).

Для предупреждения внутренней коррозии металла систем теплоснабжения в ряде городов страны нашел успешное применение метод силикатной обработки подпиточной и циркулирующей воды. Этот метод в качестве самостоятельного пригоден для защиты труб и оборудования, как в условиях непрерывной эксплуатации, так и для консервации при нахождении его в резерве.

Сущность его состоит в том, что при определенной дозировке жидкого натриевого стекла в воду (дозой 15-35 мг/л) на внутренней поверхности трубопроводов и оборудования образуется долгоживущая (до 30 суток) защитная пленка, предохраняющая металл от воздействия агрессивных газов - кислорода и углекислоты. Эта пленка толщиной 20-30 мкм образуется в результате взаимодействия оксидов железа с силикатом натрия в присутствии сульфатов и хлоридов, чем достигается эффект «жидкого эмалирования» металла.

Присутствующая в воде свободная углекислота связывается силикатом натрия в бикарбонат натрия. 1 г силиката натрия, введенный в воду, связывает 0,36 г свободной углекислоты  $\text{CO}_2$ , образуя при этом 0,7 г бикарбоната натрия  $\text{NaHCO}_3$ , при этом выделяется 0,75 г оксида кремния  $\text{SiO}_2$ . Последний вступает в реакцию с оксидами железа и формирует плотную пленку комплекса ферросиликата на поверхности металла, экранирующую его от коррозионных агентов и снижающую общую скорость коррозии.

## **9.6 Защита систем теплоснабжения от накипи**

При питании систем теплоснабжения мягкими водами с небольшим содержанием накипь и шлам, как правило, не выпадают, поэтому нет необходимости в защите установок от накипи.

При водах средней жесткости, как уже отмечалось, возможно, и целесообразно создание тонкой защитной окисно-меловой пленки, предохраняющей от коррозии, например, путем стабилизации или силикатирования.

При жестких водах возникает опасность обильного накипеобразования и зашламления поверхностей нагрева, трубопроводов, с выпадением значительного количества накипи, шлама и взвесей, приводящих к снижению коэффициента теплопередачи металлической стенки котла и к перерасходу топлива. Каждый миллиметр слоя накипи дает до 1,5-2 % перерасхода топлива.

В местах накипеобразования стенки котла могут недопустимо перегреваться, механическая прочность металла снижается, и стенки деформируются -

появляются свищи в стальных и трещины в чугунных котлах. В этих случаях в котельных и центральных тепловых пунктах предусматривают установку защитных устройств для обработки подпиточной воды, их подразделяют на аппараты докотловой обработки питательной или сырой добавочной воды и внутри котловой.

Простейшими из них являются установки физического принципа действия - магнитные и электромагнитные аппараты для омагничивания воды, установки ультразвуковой обработки, а также химического воздействия - комплексонатной (ингибиторной) защиты и установки ионообменного водоумягчения для снижения карбонатной жесткости воды.

Магнитная обработка применяется при общей жесткости исходной воды не более 10 мг-экв/л и карбонатной жесткости (щелочности) более 4 мг-экв/л, напряженность магнитного поля в рабочем зазоре магнитного аппарата не должна превышать  $159 \cdot 10^3$  А/м.

Под воздействием силового магнитного поля ферромагнитные примеси воды поляризуются, укрупняются и адсорбируют на своей поверхности кристаллизующийся накипеобразователь, в результате чего при температуре до 70 °С образование твердой фазы  $\text{CaCO}_3$  происходит в толще воды, а не на поверхности нагрева; цветность и органолептические свойства ее не изменяются, чем и достигается положительный эффект. В ряде случаев достигается эффект деаэрации воды. Так в электромагнитных аппаратах предусматривается специальная камера деаэрации, в которой происходит удаление агрессивных газов, а специально разработанный шламоуловитель завершает удаление отложений.

Ультразвуковые установки обработки воды и оборудования получили ограниченное применение ввиду маломощности и громоздкости ультразвуковых генераторов. Их используют в основном в целях очистки подогревателей от накипи и шлама.

В последние годы химическая промышленность предложила энергетикам большой выбор ингибиторов (подавителей) солеотложения и коррозии оборудования, называемых общим термином - «комплексоны». Что такое комплексоны? В специальной литературе им дано следующее определение.

**Комплексоны** - это органические молекулы с большим количеством реакционных центров, которые, взаимодействуя с металлами, замыкают пяти-, четырех- и восьмичленные циклы с образованием сверхпрочных комплексных соединений.

Комплексонами называют фосфонаты - фосфорорганические соединения, которые способны образовывать прочные комплексы с кальцием и магнием, а также с железом и некоторыми другими элементами. При нагревании воды эти комплексы остаются в растворенном состоянии и не выпадают в осадок на поверхностях нагрева в виде накипи.

Важным свойством фосфонатов является не только предотвращение образования накипи (путем дозировки их в микродозах в питательную воду - 1-3 г на 1 м<sup>3</sup> воды), но и возможность отмычки старых железистоокисных и накипных отложений на оборудовании и трубопроводах (при дозировке примерно 3 кг на 1 кг отложений), за, что получили образное название - антинаки-

пины. Правда, есть некоторое ограничение в их использовании - комплексоны обладают ограниченной термической стойкостью в жесткой воде - при температуре выше 120-125 °С комплексы распадаются.

К настоящему времени синтезирован большой ряд органических антинакипинов, но наибольшее распространение получили отечественные фосфорорганические комплексоны, на применение которых в системах теплоснабжения получено разрешение.

Большинство комплексонов изготавливают и поставляют в жидком виде, поэтому ввод их в контур теплоэнергетического оборудования возможен с помощью дозаторов, рассмотренных выше. Перед применением комплексонов рекомендуется предварительная промывка котлов, оборудования и трубопроводов.

Накопленный многолетний положительный опыт применения комплексонов в ряде предприятий теплоснабжения позволяет считать это направление водоподготовки весьма перспективным и актуальным.

Катионитовый метод водоумягчения получил большое распространение в коммунальной энергетике. Сущность его состоит в замене накипеобразующих катионов Са и Mg на катионы солей, обладающих хорошей растворимостью или образующих летучие соединения.

Сырая вода фильтруется через слой зернистого катионита, обладающего свойством замещать ионы солей кальция и магния на ионы натрия или водорода в катионите.

В качестве катионитов применяют природные глаукониты, сульфоуголь, синтетические полимерные смолы и другие материалы.

Наибольшее распространение в котельных получили установки натрий-катионирования, а на КЭС и ТЭЦ - установки водород-катионирования (здесь производится полное обессоливание воды с удалением также анионов на анионитовых фильтрах).

Остаточная жесткость умягченной воды может быть доведена до 0,015-0,02 мг-экв/л. При превышении 0,05 мг-экв/л работа фильтров останавливается, и истощенная обменная способность катионитового материала восстанавливается регенерацией его 6-10 % раствором поваренной соли. Комплектная Na-катионитовая установка водоумягчения состоит из фильтра, загруженного катионитом, солерастворителя для растворения поваренной соли при регенерации фильтра и сборного бака для промывных вод от предыдущей регенерации.

Фильтры загружают катионитом высотой слоя от 1,5 до 3,0 м в зависимости от качества обрабатываемой воды. В ряде случаев, для более надежного умягчения воды, улавливания проскоков жесткости, два фильтра устанавливаются последовательно друг за другом в две ступени.

В H-катионитовых установках водосмягчения на ТЭЦ и КЭС для регенерации используют сильные минеральные кислоты – соляную и серную, из-за чего эти устройства становятся более сложными и дорогими. Реакции замещения солей происходят аналогично вышеописанным, только здесь катионом выступает катион водорода - H.

Существенным недостатком катионитовых и анионитовых способов умягчения воды является необходимость утилизации и очистки стоков и сбросных вод с высоким солесодержанием, образующихся в результате регенерации и промывок фильтров.

Альтернативой катионитовому способу обработки воды в коммунальных котельных могут стать в будущем более простые и дешевые - комплексонатный и метод мембранной очистки воды. Последний заключается в фильтрации воды под давлением через искусственный материал - мембраны, имеющие способность задерживать в своих порах («отверстиях») молекулы солей жесткости и примеси. Способ проходит промышленную проверку и освоение на ряде ТЭЦ.

Лекция 10

## Способы прокладки тепловых сетей

### 10.1 Прокладка трубопроводов тепловых сетей

По конструкции различают лучевые (тупиковые) и кольцевые тепловые сети. Первые более простые, более дешевые и более удобные в эксплуатации, применяются чаще при наличии одного источника теплоснабжения. Недостатком такой схемы является прекращение подачи теплоносителя всем потребителям при возникновении аварии на любом участке. Эта проблема, частично, может быть решена установлением резервных перемычек. Кольцевые теплосети дороже тупиковых, но они обеспечивают полное резервирование и бесперебойность в подаче теплоты всем потребителям. При нормальных условиях кольцевые сети работают как лучевые, при этом задвижки на кольцах закрыты. Кольцевые сети применяют для таких потребителей, отключение которых, даже на короткое время недопустимо.

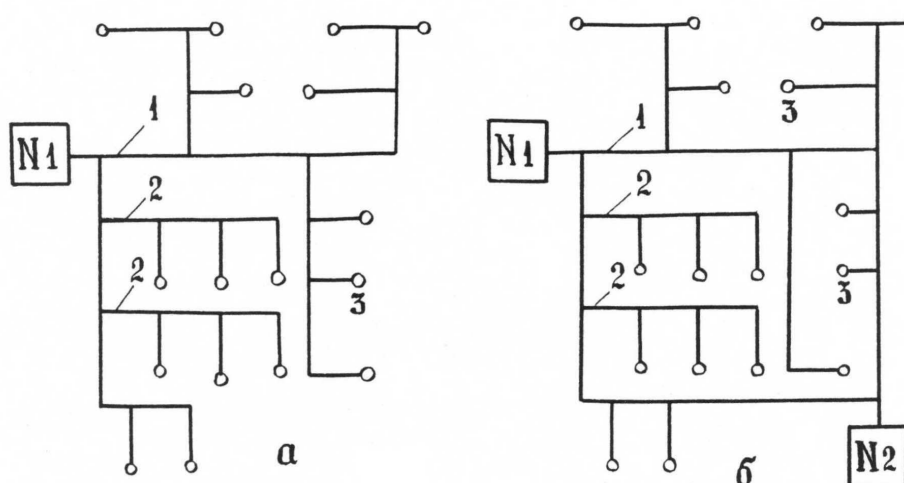


Рис. 10.1 – Схемы тепловых сетей:

*а – тупиковая; б – кольцевая; N1, N2 – источники теплоснабжения; 1 – магистральные сети; 2 – распределительные сети; 3 – ответвления.*

Прокладка может быть наземной и подземной. Наземные теплопроводы разрешается прокладывать только в малонаселенной местности, либо по территории промышленного предприятия. Трубопроводы прокладываются по низким опорам, либо на мачтах, эстакадах и т.п. Не допускается прокладка по фасаду здания.

Подземная прокладка может быть канальная или бесканальная. Каналы могут быть проходные, полупроходные и непроходные. Проходные – при большом скоплении коммуникаций. Размеры канала - из условия свободного прохода человека. Размеры полупроходных каналов выбираются из условия прохода человека в полусогнутом состоянии. Полупроходные каналы неэффективны при эксплуатации сетей.

Проходные и полупроходные каналы должны быть оснащены системой вентиляции, поддерживающей температуру воздуха в канале не выше 50<sup>0</sup>С, иметь освещение, иметь устройство для отвода дренажных вод, через каждые 200 метров должны быть люки.

Непроходные каналы – из готовых железобетонных конструкций. Размер канала зависит от диаметра прокладываемого трубопровода. В местах скопления арматуры делаются теплофикационные колодцы, павильоны, камеры.

Прокладка бесканальная может быть в литых, шамотных и засыпных конструкциях.

Трубопроводы, проложенные под землей, находятся в условиях, способствующих коррозии. Для защиты трубопроводов от влаги нужна гидроизоляция трубопровода (на сам трубопровод): покрытие гидрозолом, эмалирование, нанесение пленочных покрытий.

Для защиты от увлажнения на поверхность тепловой изоляции обязательно накладывается покрывной слой.

Для снижения уровня грунтовых вод делается попутный дренаж (с одной или двух сторон трубопровода укладываются керамические трубы  $d > 250$  мм через каждые 40 метров сооружают колодцы для прочистки дренажа).

Для защиты от блуждающих токов используют:

1. Катодную защиту. В грунт закладывают электроды и подают напряжение.
2. Электрическое секционирование трубопроводов. В этом случае элементы трубопроводов соединяются с использованием фланцев между которыми закладывают электроизоляционный материал.
3. Увеличение электрического сопротивления. На переходе рельсы – грунт (укладка рельсов на слой гравия), увеличение электросопротивления грунта (спец. добавки в почву), применение электроизоляционных покровных материалов, прокладка труба в трубе.

## 10.2 Схемы тепловых сетей

Водяные тепловые сети надлежит проектировать, как правило, двухтрубными, подающими одновременно тепло на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение или технологические нужды. Многотрубные и однетрубные тепловые сети допускается применять при технико-экономическом обосновании.



Тепловые сети, транспортирующие в открытых системах теплоснабжения сетевую воду в одном направлении, при надземной прокладке допускается проектировать в однострубно́м исполнении при длине транзита до 5 км. При большей протяженности и отсутствии резервной подпитки СЦТ от других источников теплоты, тепловые сети должны выполняться в два (или более) параллельных теплопровода.

Самостоятельные тепловые сети для присоединения технологических потребителей теплоты следует предусматривать, если качество и параметры теплоносителя отличаются от принятых в тепловых сетях.

Схема и конфигурация тепловых сетей должны обеспечивать теплоснабжение на уровне заданных показателей надежности путем:

- применения наиболее прогрессивных конструкций и технических решений;
- совместной работы источников теплоты;
- прокладки резервных теплопроводов;
- устройства перемычек между тепловыми сетями смежных тепловых районов.

Тепловые сети могут быть радиальными, «кольцевыми», тупиковыми, резервированными и нерезервированными.

Число и места размещения резервных трубопроводных связей между смежными радиальными теплопроводами следует определять по критерию вероятности безотказной работы.

Системы отопления и вентиляции потребителей должны присоединяться к двухтрубным водяным тепловым сетям непосредственно (зависимая схема присоединения).

По независимой схеме, предусматривающей установку в тепловых пунктах водоподогревателей, допускается присоединять при обосновании системы отопления и вентиляции зданий 12 этажей и выше и других потребителей, если независимое присоединение обусловлено гидравлическим режимом работы системы.

Качество исходной воды для пополнения системы для открытых и закрытых систем теплоснабжения должно соответствовать требованиям действующих нормативных документов.

Для закрытых систем теплоснабжения при наличии термической деаэрации допускается использовать техническую воду.

Расчетный часовой расход воды для определения производительности водоподготовки и соответствующего оборудования для подпитки системы теплоснабжения следует принимать:

- в закрытых системах теплоснабжения - 0,75 % фактического объема воды в теплопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления и вентиляции зданий. При этом для участков тепловых сетей длиной более 5 км от источников теплоты без распределения теплоты расчетный расход воды следует принимать равным 0,5 % объема воды в этих теплопроводах.

- в открытых системах теплоснабжения - равным расчетному среднему расходу воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2 плюс 0,75 %

фактического объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий. При этом для участков тепловых сетей длиной более 5 км от источников теплоты без распределения теплоты расчетный расход воды следует принимать равным 0,5 % объема воды в этих трубопроводах.

- для отдельных тепловых сетей горячего водоснабжения при наличии баков-аккумуляторов - равным расчетному среднему расходу воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2; при отсутствии баков - по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение плюс (в обоих случаях) 0,75 % фактического объема воды в трубопроводах сетей и присоединенных к ним системах горячего водоснабжения зданий.

Для открытых и закрытых систем теплоснабжения должна предусматриваться дополнительно аварийная подпитка химически не обработанной и не деаэрированной водой, расход которой принимается в количестве 2 % объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления, вентиляции и в системах горячего водоснабжения для открытых систем теплоснабжения. При наличии нескольких отдельных тепловых сетей, отходящих от коллектора теплоисточника, аварийную подпитку допускается определять только для одной наибольшей по объему тепловой сети. Для открытых систем теплоснабжения аварийная подпитка должна обеспечиваться только из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Объем воды в системах теплоснабжения при отсутствии данных по фактическим объемам воды допускается принимать равным  $65 \text{ м}^3$  на 1 МВт расчетного тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения,  $70 \text{ м}^3$  на 1 МВт - при открытой системе и  $30 \text{ м}^3$  на 1 МВт средней нагрузки — при отдельных сетях горячего водоснабжения.

Для действующих закрытых систем теплоснабжения, тепловые сети, источники теплоты и системы теплоиспользования которых утратили свой ресурс более чем на 60 %, на величину часового расхода подпитки допускается вводить повышающие поправочные коэффициенты, учитывающие увеличение потока отказов, связанных с потерей теплоносителя.

Размещение баков-аккумуляторов горячей воды возможно как на источнике теплоты, так и в районах теплопотребления. При этом на источнике теплоты должны предусматриваться баки-аккумуляторы емкостью не менее 25 % общей расчетной емкости баков.

Внутренняя поверхность баков должна быть защищена от коррозии, а вода в них от аэрации. Схема включения в систему должна предусматривать непрерывное обновление воды в баках.

Для открытых систем теплоснабжения, а также при отдельных тепловых сетях на горячее водоснабжение должны предусматриваться баки-аккумуляторы химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды, расчетной емкостью равной десятикратной величине среднего расхода воды на горячее водоснабжение.

В закрытых системах теплоснабжения на источниках теплоты мощностью 100 МВт и более следует предусматривать установку баков запаса химически

обработанной и деаэрированной подпиточной воды емкостью 3 % объема воды в системе теплоснабжения. Схема включения баков запаса должна обеспечивать обновление воды в баках. Для источников теплоты мощностью менее 100 МВт необходимость установки баков запаса подпиточной воды решается в проекте. Количество баков независимо от системы теплоснабжения принимается не менее двух по 50 % рабочего объема.

При размещении группы баков-аккумуляторов вне территории источников теплоты она должна быть ограждена общим валом высотой не менее 0,5 м. Обвалованная территория должна вмещать объем воды в наибольшем баке и иметь отвод воды в канализацию.

Устанавливать баки-аккумуляторы горячей воды в жилых кварталах не допускается. Расстояние от баков-аккумуляторов горячей воды до границы жилых кварталов должно быть не менее 30 м.

При размещении баков-аккумуляторов вне территории источников теплоты следует предусматривать их ограждение высотой не менее 2,5 м для исключения доступа посторонних лиц к бакам.

Баки-аккумуляторы горячей воды у потребителей должны предусматриваться в системах горячего водоснабжения промышленных предприятий для выравнивания сменного графика потребления воды объектами, имеющими сосредоточенные кратковременные расходы воды на горячее водоснабжение.

Для объектов промышленных предприятий, имеющих отношение средней тепловой нагрузки на горячее водоснабжение к максимальной тепловой нагрузки на отопление меньше 0,2, баки-аккумуляторы не устанавливаются.

Для уменьшения потерь сетевой воды и соответственно теплоты при плановых или вынужденных опорожнениях теплопроводов допускается установка в тепловых сетях специальных баков-накопителей, емкость которых определяется протяженностью теплопроводов между двумя секционирующими задвижками и наибольшим диаметром теплопроводов.

### 10.3 Трасса и способы прокладки тепловых сетей

В населенных пунктах для тепловых сетей предусматривается, как правило, подземная прокладка (бесканальная, в каналах или в городских и внутриквартальных тоннелях совместно с другими инженерными сетями).

При обосновании допускается надземная прокладка тепловых сетей кроме территорий детских и лечебных учреждений.

Прокладку тепловых сетей по территории, не подлежащей застройке вне населенных пунктов, следует предусматривать надземную на низких опорах.

При выборе трассы допускается пересечение жилых и общественных зданий транзитными водяными тепловыми сетями с диаметрами теплопроводов до 300 мм включительно при условии прокладки сетей в технических подпольях, технических коридорах и тоннелях (высотой не менее 1,8 м) с устройством дренажного колодца в нижней точке на выходе из здания.

В виде исключения допускается пересечение транзитными водяными тепловыми сетями диаметром 400–600 мм,  $P_y$  не более 1,6 МПа жилых и общественных зданий при соблюдении следующих требований:

- прокладка должна предусматриваться в проходных монолитных железобетонных каналах с усиленной гидроизоляцией. Концы канала должны выходить за пределы здания не менее чем на 5 м;
- водовыпуски диаметром 300 мм должны осуществляться из нижних точек канала за пределами здания в ливневую канализацию;
- при монтаже обязательна 100 % проверка сварных швов стальных труб теплопроводов;
- запорная и регулировочная арматура должна устанавливаться за пределами здания;
- теплопроводы в пределах здания не должны иметь ответвлений.

Пересечение транзитными тепловыми сетями зданий и сооружений детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений не допускается. Прокладка тепловых сетей по территории перечисленных учреждений допускается только подземная в проходных монолитных железобетонных каналах с усиленной гидроизоляцией. При этом дополнительно к перечисленным выше требованиям следует учитывать:

- устройство вентиляционных шахт, люков и выходов наружу из каналов в пределах территории учреждений не допускается;
- запорная арматура должна устанавливаться за пределами территории.

Прокладка тепловых сетей при рабочем давлении пара выше 2,2 МПа и температуре выше 350 °С в непроходных каналах и общих городских или внутриквартальных тоннелях не допускается.

Уклон тепловых сетей независимо от направления движения теплоносителя и способа прокладки должен быть не менее 0,002. При катковых и шариковых опорах уклон не должен превышать:

$$i = \frac{0,05}{r}$$

где  $r$  — радиус катка или шарика, см.

Уклон тепловых сетей к отдельным зданиям при подземной прокладке должен приниматься, как правило, от здания к ближайшей камере.

На отдельных участках (при пересечении коммуникаций, прокладке по мостам) допускается принимать прокладку тепловых сетей без уклона.

Подземную прокладку тепловых сетей допускается принимать совместно с перечисленными ниже инженерными сетями:

- в каналах — с водопроводами, трубопроводами сжатого воздуха давлением до 1,6 МПа, мазутопроводами, контрольными кабелями, предназначенными для обслуживания тепловых сетей;

- в тоннелях — с водопроводами диаметром до 500 мм, кабелями связи, силовыми кабелями напряжением до 10 кВ, трубопроводами сжатого воздуха давлением до 1,6 МПа, трубопроводами напорной канализации. Прокладка трубопроводов тепловых сетей в каналах и тоннелях с другими инженерными сетями, кроме указанных, как правило, не допускается.

Прокладка водопровода совместно с тепловыми сетями в тоннелях должна предусматриваться в одном ряду или под трубопроводами тепловых сетей, при этом необходима тепловая изоляция водопровода, исключая конденсацию влаги.

Расстояния по горизонтали и вертикали от наружной грани строительных конструкций каналов и тоннелей или оболочки изоляции трубопроводов при бесканальной прокладке тепловых сетей до зданий, сооружений и инженерных сетей следует принимать в соответствии с требованием действующих норм, а по территории промышленных предприятий — по соответствующим специализированным нормам.

Пересечение тепловыми сетями рек, автомобильных дорог, трамвайных путей, а также зданий и сооружений следует, как правило, предусматривать под прямым углом. Допускается при обосновании пересечение под меньшим углом, но не менее  $45^\circ$ , а сооружений метрополитена, железных дорог — не менее  $60^\circ$ .

Пересечение подземными тепловыми сетями трамвайных путей следует предусматривать на расстоянии от стрелок и крестовин не менее 3 м (в свету).

При подземном пересечении тепловыми сетями железных дорог наименьшие расстояния по горизонтали в свету следует принимать, м:

- до стрелок и крестовин железнодорожного пути и мест присоединения отсасывающих кабелей к рельсам электрифицированных железных дорог - 10;
- до стрелок и крестовин железнодорожного пути - 20;
- до мостов, труб, тоннелей и других искусственных сооружений - 30.

Прокладка тепловых сетей при пересечении железных дорог общей сети, а также рек, оврагов, открытых водостоков должна предусматриваться, как правило, надземной. При этом допускается использовать постоянные автодорожные и железнодорожные мосты.

Прокладку тепловых сетей при подземном пересечении железных, автомобильных, магистральных дорог, улиц, проездов общегородского и районного значения, а также улиц и дорог местного значения, трамвайных путей и линий метрополитена следует предусматривать:

- в каналах — при возможности производства строительного-монтажных и ремонтных работ открытым способом;
- в футлярах — при невозможности производства работ открытым способом, длине пересечения до 40 м и обеспечении по одной из сторон от пересечения прямого участка трассы длиной не менее 10 м;
- в тоннелях — в остальных случаях, а также при заглублении от поверхности земли до перекрытия канала (футляра) 2,5 м и более.

При прокладке тепловых сетей под водными преградами следует предусматривать, как правило, устройство дюкеров.

Пересечение тепловыми сетями станционных сооружений метрополитена не допускается.

При подземном пересечении тепловыми сетями линий метрополитена каналы и тоннели следует предусматривать из монолитного железобетона с гидроизоляцией.

Длину каналов, тоннелей или футляров в местах пересечений необходимо принимать в каждую сторону не менее, чем на 3 м больше размеров пересекаемых сооружений, в том числе сооружений земляного полотна железных и автомобильных дорог.

При пересечении тепловыми сетями железных дорог общей сети, линий метрополитена, рек и водоемов следует предусматривать запорную арматуру с обеих сторон пересечения, а также устройства для спуска воды из трубопроводов тепловых сетей, каналов, тоннелей или футляров на расстоянии не более 100 м от границы пересекаемых сооружений.

В местах плотной застройки при пересечении метрополитена допускается увеличение этого расстояния до 1 км.

При прокладке тепловых сетей в футлярах должна предусматриваться антикоррозионная защита труб тепловых сетей и футляров, приведенная в Приложении В. Кроме того должна предусматриваться электрохимическая защита труб тепловых сетей с помощью протекторов стержневого типа. В местах пересечения электрифицированных железных дорог и трамвайных путей активная электрохимическая защита устанавливается по специальному проекту.

Между тепловой изоляцией и футляром должен предусматриваться зазор не менее 100 мм.

В местах пересечения при подземной прокладке тепловых сетей с газопроводами не допускается прохождение газопроводов через строительные конструкции камер, непроходных каналов и ниш тепловых сетей.

При пересечении тепловыми сетями действующих сетей водопровода и канализации, расположенными над трубопроводами тепловых сетей, при расстоянии от конструкции тепловых сетей до трубопроводов пересекаемых сетей 300 мм и менее (в свету), а также при пересечении газопроводов, следует предусматривать устройство футляров на трубопроводах водопровода, канализации и газа на длине 2 м по обе стороны от пересечения (в свету). На футлярах следует предусматривать защитное покрытие от коррозии.

В местах пересечения тепловых сетей при их подземной прокладке в каналах или тоннелях с газопроводами должны предусматриваться на тепловых сетях на расстоянии не более 15 м по обе стороны от газопровода устройства для отбора проб на утечку газа.

При прокладке тепловых сетей с попутным дренажем на участке пересечения с газопроводом дренажные трубы следует предусматривать без отверстий на расстоянии по 2 м в обе стороны от газопровода, с герметической заделкой стыков.

На вводах трубопроводов тепловых сетей в здания в газифицированных районах необходимо предусматривать устройства, предотвращающие проникание воды и газа в здания, а в негазифицированных - воды.

В местах пересечения надземных тепловых сетей с воздушными линиями электропередачи и электрифицированными железными дорогами следует предусматривать заземление всех электропроводящих элементов тепловых сетей (с сопротивлением заземляющих устройств не более 10 Ом), расположенных на расстоянии по горизонтали по 5 м в каждую сторону от проводов.

Прокладка тепловых сетей вдоль бровок террас, оврагов, откосов, искусственных выемок должна предусматриваться за пределами призмы обрушения грунта от замачивания. При этом, при расположении под откосом зданий и сооружений различного назначения следует предусматривать мероприятия по отводу аварийных вод из тепловых сетей с целью недопущения затопления территории застройки.

В зоне пешеходных переходов, совмещенных с входами в метрополитен, как правило, следует предусматривать прокладку тепловых сетей на расстоянии не менее 2 м от стенки лестничного схода с устройством монолитного железобетонного канала, выходящего на 5 м за габарит схода.

При подземных пересечениях железных, автомобильных, магистральных дорог и других препятствий рекомендуется сохранять те же конструкции тепловых сетей, что и на основной трассе, если материалы теплоизоляции и защитного покрытия, отвечают требованиям действующих норм в части пожарной опасности.

#### 10.4 Конструкция трубопроводов

Трубы и арматуру и изделия из стали и чугуна для тепловых сетей, следует принимать в соответствии с действующими нормативными документами.

Для трубопроводов тепловых сетей следует предусматривать стальные электросварные трубы или бесшовные стальные трубы.

Не допускается применение для трубопроводов тепловых сетей электросварных труб, изготовленных методом контактной сварки.

Трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом допускается применять для тепловых сетей при температуре воды 150 °С и ниже и давлении до 1,6 МПа включительно.

Для трубопроводов тепловых сетей при рабочем давлении 0,07 МПа и ниже и температуре воды 115 °С и ниже при давлении до 1,6 МПа включительно допускается принимать неметаллические трубы, если качество и характеристики этих труб удовлетворяют санитарным требованиям и соответствуют параметрам теплоносителя в тепловых сетях.

Для сетей горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения должны применяться трубы из коррозионно стойких материалов или покрытий. Трубы из полимерных материалов и неметаллические трубы допускается применять как для закрытых, так и открытых систем теплоснабжения.

Максимальные расстояния труб между подвижными опорами на прямых участках надлежит определять расчетом на прочность, исходя из возможности максимального использования несущей способности труб и по допускаемому прогибу, принимаемому не более 0,02 D<sub>y</sub>, м.

Рабочее давление и температуру теплоносителя для выбора труб, арматуры, оборудования и деталей трубопроводов, а также для расчета трубопроводов на прочность и при определении нагрузок от трубопроводов на опоры труб и строительные конструкции следует принимать:

а) для паровых сетей:

- при получении пара непосредственно от котлов - по номинальным значениям давления и температуры пара на выходе из котлов;

- при получении пара из регулируемых отборов или противодействия турбин — по давлению и температуре пара, принятым на выводах от ТЭЦ для данной системы паропроводов;

- при получении пара после редуционно-охладительных, редуционных или охлаждающих установок — по давлению и температуре пара после установки;

б) для подающего и обратного трубопроводов водяных тепловых сетей:

- давление — по наибольшему давлению в подающем трубопроводе за выходными задвижками на источнике теплоты при работе сетевых насосов с учетом рельефа местности (без учета потерь давления в сетях), но не менее 1,0 МПа;

- температуру — по температуре в подающем трубопроводе при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления;

в) для конденсатных сетей:

- давление — по наибольшему давлению в сети при работе насосов с учетом рельефа местности;

- температуру после конденсатоотводчиков — по температуре насыщения при максимально возможном давлении пара непосредственно перед конденсатоотводчиком, после конденсатных насосов — по температуре конденсата в сборном баке;

г) для подающего и циркуляционного трубопроводов сетей горячего водоснабжения:

- давление — по наибольшему давлению в подающем трубопроводе при работе насосов с учетом рельефа местности;

- температуру - до 75 °С.

Рабочее давление и температура теплоносителя должны приниматься едиными для всего трубопровода независимо от его протяженности от источника теплоты до теплового пункта каждого потребителя или до установок в тепловой сети, изменяющих параметры теплоносителя (водоподогреватели, регуляторы давления и температуры, редуционно-увлажнительные установки, насосные). После указанных установок должны приниматься параметры теплоносителя, предусмотренные для этих установок.

Параметры теплоносителя, реконструируемых водяных тепловых сетей принимаются по параметрам в существующих сетях.



## 10.5 Арматура, спускные и дренажные устройства тепловых сетей

Для трубопроводов тепловых сетей, кроме сетей горячего водоснабжения, не допускается применять арматуру из:

- серого чугуна - в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже минус 10 °С;
- ковкого чугуна - в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже минус 30 °С;
- высокопрочного чугуна в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже минус 40 °С.

На спускных, продувочных и дренажных устройствах применять арматуру из серого чугуна не допускается.

На трубопроводах тепловых сетей допускается применение арматуры из латуни и бронзы при температуре теплоносителя не выше 250 °С.

На выводах тепловых сетей от источников теплоты и на вводах в центральные тепловые пункты (ЦТП) должна предусматриваться стальная запорная арматура.

На вводе в индивидуальный тепловой пункт (ИТП) с суммарной тепловой нагрузкой на отопление и вентиляцию 0,2 МВт и более следует предусматривать стальную запорную арматуру. При нагрузке ИТП менее 0,2 МВт или расчетной температуре теплоносителя 115<sup>0</sup>С и ниже допускается предусматривать на вводе арматуру из ковкого или высокопрочного чугуна,

В пределах тепловых пунктов допускается предусматривать арматуру из ковкого, высокопрочного и серого чугуна.

При установке чугунной арматуры в тепловых сетях должна предусматриваться защита ее от изгибающих усилий.

Принимать запорную арматуру в качестве регулирующей не допускается.

Для тепловых сетей, как правило, должна приниматься арматура с концами под приварку или фланцевая.

Муфтовую арматуру допускается принимать условным проходом  $D_y \leq 100$  мм при давлении теплоносителя 1,6 МПа и ниже и температуре 115 °С и ниже в случаях применения водогазопроводных труб.

Для задвижек и затворов на водяных тепловых сетях  $D_y \geq 500$  мм при  $P_y \geq 1,6$  МПа и  $D_y \geq 300$  мм при  $P_y \geq 2,5$  МПа, а на паровых сетях  $D_y \geq 200$  мм при  $P_y \geq 1,6$  МПа следует предусматривать обводные трубопроводы с запорной арматурой (разгрузочные байпасы).

Задвижки и затворы  $D_y \geq 500$  мм следует предусматривать с электроприводом.

При дистанционном телеуправлении задвижками арматуру на байпасах следует принимать также с электроприводом.

Задвижки и затворы с электроприводом при подземной прокладке должны размещаться в камерах с надземными павильонами или в подземных камерах с естественной вентиляцией, обеспечивающей параметры воздуха в соответствии с техническими условиями на электроприводы к арматуре.

При надземной прокладке тепловых сетей на низких, отдельно стоящих опорах, для задвижек и затворов с электроприводом следует предусматривать металлические кожухи, исключаяющие доступ посторонних лиц и защищающие их от атмосферных осадков, а на транзитных магистралях, как правило, павильоны. При прокладке на эстакадах или высоких отдельно стоящих опорах - козырьки (навесы) для защиты арматуры от атмосферных осадков.

В районах строительства с расчетной температурой наружного воздуха минус 40°C и ниже при применении арматуры из углеродистой стали должны предусматриваться мероприятия, исключаяющие возможность снижения температуры стали ниже минус 30°C при транспортировании, хранении, монтаже и эксплуатации, а при прокладке тепловых сетей на низких отдельно стоящих опорах для задвижек и затворов  $D_y \geq 500$  мм должны предусматриваться павильоны с электроотоплением, исключаяющим снижение температуры воздуха в павильонах ниже минус 30 °C при остановке сетей.

Запорную арматуру в тепловых сетях следует предусматривать:

а) на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников теплоты, независимо от параметров теплоносителя и диаметров трубопроводов и на конденсатопроводах на вводе к сборному баку конденсата; при этом не допускается дублирование арматуры внутри и вне здания;

б) на трубопроводах водяных тепловых сетей  $D_y \geq 100$  мм на расстоянии не более 1000 м друг от друга (секционирующие задвижки) с устройством перемычки между подающим и обратным трубопроводами диаметром, равным 0,3 диаметра трубопровода, но не менее 50 мм; на перемычке надлежит предусматривать две задвижки и контрольный вентиль между ними  $D_y = 25$  мм.

Допускается увеличивать расстояние между секционирующими задвижками для трубопроводов  $D_y = 400 \div 500$  мм - до 1500 м, для трубопроводов  $D_y \geq 600$  мм до 3000 м, а для трубопроводов надземной прокладки  $D_y \geq 900$  мм - до 5000 м при обеспечении спуска воды или заполнения секционированного участка одного трубопровода.

На паровых и конденсатных тепловых сетях секционирующие задвижки допускается не устанавливать.

в) в водяных и паровых тепловых сетях в узлах на трубопроводах ответвлений  $D_y$  более 100 мм.

В остальных случаях необходимость установки арматуры определяется проектом.

В нижних точках трубопроводов водяных Тепловых сетей и конденсатопроводов, а также секционируемых участков необходимо предусматривать штуцера с запорной арматурой для спуска воды (спускные устройства).

Спускные устройства водяных тепловых сетей следует предусматривать, исходя из обеспечения продолжительности спуска воды и заполнения секционированного участка (одного трубопровода), ч:

для трубопроводов $D_y \leq 300$ мм -	не более	2;
$D_y = 350-500$	то же	4;
$D_y \geq 600$	"	5.

Если спуск воды из трубопроводов в нижних точках не обеспечивается в указанные сроки, должны дополнительно предусматриваться промежуточные спускные устройства.

Грязевики в водяных тепловых сетях следует предусматривать на трубопроводах перед насосами и перед регуляторами давления в узлах рассечки. Грязевики в узлах установки секционирующих задвижек предусматривать не требуется.

Устройство обводных трубопроводов вокруг грязевиков и регулирующих клапанов не допускается.

В высших точках трубопроводов тепловых сетей, в том числе на каждом секционируемом участке, должны предусматриваться штуцера с запорной арматурой для выпуска воздуха (воздушники).

В узлах трубопроводов на ответвлениях до задвижек и в местных изгибах трубопроводов в вертикальной плоскости высотой менее 1 м устройства для выпуска воздуха не предусматриваются.

Спуск воды из трубопроводов в низших точках водяных тепловых сетей при подземной прокладке должен предусматриваться в камерах отдельно от каждой трубы с разрывом струи в сбросные колодцы, установленные рядом с основной камерой, с последующим отводом воды самотеком или передвижными насосами в системы канализации. Температура сбрасываемой воды должна быть снижена до 40 °С за счет охлаждения в системах потребителей.

Допускается откачка воды непосредственно из трубопроводов без разрыва струи через сбросные колодцы.

Спуск воды непосредственно в камеры тепловых сетей или на поверхность земли не допускается.

При надземной прокладке трубопроводов по незастроенной территории для спуска воды следует предусматривать бетонированные приямки с отводом из них воды кюветами, лотками или трубопроводами.

Допускается предусматривать отвод воды из сбросных колодцев или приямков в естественные водоемы и на рельеф местности при условии согласования в установленном порядке.

Сбросные устройства и системы дренажа должны рассчитываться с учетом времени спуска воды.

При отводе воды в бытовую канализацию на самотечном трубопроводе должен предусматриваться гидрозатвор, а в случае возможности обратного тока воды - дополнительно отключающий клапан.

Допускается слив воды непосредственно из дренируемого участка трубопровода в смежный с ним участок, а также из подающего трубопровода в обратный.

В нижних точках паровых сетей и перед вертикальными подъемами следует предусматривать постоянный дренаж паропроводов. В этих же местах, а также на прямых участках паропроводов через каждые 400÷500 м при попутном уклоне и через каждые 200÷300 м при встречном уклоне должен предусматриваться пусковой дренаж паропроводов.

Для пускового дренажа паровых сетей должны предусматриваться штуцера с запорной арматурой.

На каждом штуцере при рабочем давлении пара 2,2 МПа и менее следует предусматривать по одной задвижке или вентиллю; при рабочем давлении пара выше 2,2 МПа - по два последовательно расположенных вентилля.

Для постоянного дренажа паровых сетей или при совмещении постоянного дренажа с пусковым должны предусматриваться штуцера с заглушками и конденсатоотводчики, подключенные к штуцеру через дренажный трубопровод.

При прокладке нескольких паропроводов для каждого из них (в том числе при одинаковых параметрах пара) должен предусматриваться отдельный конденсатоотводчик.

Отвод конденсата от постоянных дренажей паровых сетей в напорный конденсатопровод допускается при условии, что в месте присоединения давление конденсата в дренажном конденсатопроводе превышает давление в напорном конденсатопроводе не менее чем на 0,1 МПа; в остальных случаях сброс конденсата предусматривается наружу. Специальные конденсатопроводы для сброса конденсата не предусматриваются.

#### 10.6 Детали и элементы тепловых сетей

Для тепловых сетей должны приниматься, как правило, детали и элементы трубопроводов заводского изготовления.

Для гибких компенсаторов, углов поворотов и других гнутых элементов трубопроводов должны приниматься крутоизогнутые отводы заводского изготовления с радиусомгиба не менее одного диаметра трубы (по условному проходу).

Допускается применять изогнутые отводы с радиусомгиба не менее 3,5 номинального наружного диаметра трубы.

Для трубопроводов водяных тепловых сетей с рабочим давлением теплоносителя до 2,5 МПа и температурой до 200 °С, а также для паровых тепловых сетей с рабочим давлением до 2,2 МПа и температурой до 350 °С допускается принимать сварные секторные отводы.

Штампосварные тройники и отводы допускается принимать для теплоносителей всех параметров.

Сварные секторные отводы допускается принимать при условии их изготовления с внутренним подваром сварных швов.

Принимать детали трубопроводов, в том числе отводы из электросварных труб со спиральным швом не допускается.

Расстояние между соседними сварными швами на прямых участках трубопроводов с теплоносителем давлением до 1,6 МПа и температурой до 250°С должно быть не менее 50 мм, для теплоносителей с более высокими параметрами - не менее 100 мм.

Расстояние от поперечного сварного шва до началагиба должно быть не менее 100 мм.

Крутоизогнутые отводы допускается сваривать между собой без прямого участка. Крутоизогнутые и сварные отводы вваривать непосредственно в трубу без штуцера (трубы, патрубка) не допускается.

## Лекция 11

### Тепловая изоляция и строительные конструкции тепловых сетей

Экономическая эффективность систем теплоснабжения зависит от тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

**Тепловая изоляция** представляет собой конструкцию из материалов с малой теплопроводностью, покрывающую наружные поверхности устройств, для уменьшения тепловых потерь.

Применение тепловой изоляции позволяет:

- поддерживать необходимые параметры тепло- и хладоносителя в аппаратах и теплопроводах;
- содействует повышению производительности тепловых установок, интенсификации технологического процесса;
- улучшает условия охраны труда в рабочих помещениях: понижается температура воздуха, уменьшается вероятность ожогов обслуживающего персонала.

Температура на поверхности изоляции в зоне постоянного обслуживания теплопроводов должна быть не выше 45 °С для закрытых помещений и 60 °С на открытом воздухе.

В задачу теплового расчета изоляционных конструкций входит решение следующих вопросов:

1. Определение тепловых потерь изолированного устройства при заданной изоляционной конструкции;
2. Определение толщины изоляции при заданных или допустимых тепловых потерях устройства;
3. Определение толщины изоляции по заданной температуре ее поверхности;
4. Расчет температурного поля заданной изоляционной конструкции, т.е. определение температуры ее поверхности или промежуточных слоев;
5. Расчет при заданной изоляционной конструкции падения температуры теплоносителя во времени или вдоль теплопровода;
6. Определение количества выпадающего конденсата при транспортировании насыщенного пара.

#### 11.1 Потери теплоты изолированным оборудованием и трубопроводами

Для аппаратов с плоскими поверхностями или цилиндрических с диаметрами более 2 м часовые потери теплоты, Вт составят:

$$Q = q \cdot F = \frac{t - t_0}{R} \cdot F,$$

где  $Q$  – тепловые потери, Вт;

$$q = \frac{t - t_0}{R} \text{ – удельные тепловые потери аппарата, Вт/м}^2;$$

$R$  – суммарное термическое сопротивление на пути потока теплоносителя до окружающей среды,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$F$  – площадь поверхности аппарата,  $\text{м}^2$ ;

$t$  – средняя температура теплоносителя,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_0$  – температура окружающей среды,  $^{\circ}\text{C}$ .

Для цилиндрических аппаратов диаметром менее 2 м и трубопроводов тепловые потери, Вт составят:

$$Q = \frac{t - t_0}{R} \cdot l,$$

где  $l$  – длина аппарата (трубопровода), м.

Для изолированного трубопровода общее термическое сопротивление определяется по формуле

$$R = R_B + R_{\text{ТР}} + R_{\text{ИЗ}} + R_H,$$

где  $R_B$  – термическое сопротивление внутренней поверхности трубы;

$R_{\text{ТР}}$  и  $R_{\text{ИЗ}}$  – термические сопротивления стенки трубы и слоя изоляции;

$R_H$  – термическое сопротивление наружной поверхности изоляции.

Обычно  $R_B$  и  $R_{\text{ТР}}$  вследствие их малого значения не учитывают.

Термическое сопротивление слоя изоляции определяется по формуле

$$R_{\text{ИЗ}} = \frac{1}{2 \cdot \rho \cdot \lambda_{\text{ИЗ}}} \ln \frac{d_{\text{ИЗ}}^{\text{Н}}}{d_{\text{ИЗ}}^{\text{ВН}}},$$

где  $\lambda_{\text{ИЗ}}$  – коэффициент теплопроводности изоляции,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$d_{\text{ИЗ}}^{\text{Н}}$  и  $d_{\text{ИЗ}}^{\text{ВН}}$  – наружный и внутренний диаметры изоляции, м.

Исходя из различных допустимых температур, для применяемых изоляционных материалов или из экономических соображений с целью частичной замены дорогих материалов изоляции более дешевыми, тепловую изоляцию выполняют многослойной. Термическое сопротивление цилиндрической изоляции увеличивается с увеличением отношения ее наружного диаметра к внутреннему. Поэтому в многослойной изоляции первые слои целесообразно укладывать из материала, имеющего более низкую теплопроводность, что приводит к наиболее эффективному использованию изоляционных материалов.

Термическое сопротивление наружной поверхности изоляции вычисляется по формуле

$$R_H = \frac{1}{\rho \cdot d_{\text{ИЗ}}^{\text{Н}} \cdot \alpha_H},$$

где  $\alpha_H$  – коэффициент теплоотдачи трубопровода,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

Коэффициент теплоотдачи от горизонтальной трубы к воздуху при естественной конвекции, можно определить по формуле Нуссельта:

$$\alpha_H = 1,16 \cdot \sqrt[4]{(t - t_o) / d_{из}^H}$$

При вынужденной конвекции воздуха коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_H = 4,56 \cdot \omega^{0,7} / d_{из}^H{}^{0,3},$$

где  $\omega$  – скорость движения воздуха, м/с.

Формула действительна при  $\omega > 1$  м/с и  $d > 0,3$  м.

Для приближенных расчетов коэффициента теплоотдачи  $\alpha_H$ , когда температура поверхности неизвестна, может быть рекомендована формула:

$$\alpha_H \approx 11,6 + 7\sqrt{\omega}$$

Тепловые потери теплопроводов зависят от способа прокладки труб, применяемой изоляции, а также от наличия соседних теплопроводов (при подземной прокладке).

Общие тепловые потери сети, Вт, складываются из линейных по длине трассы и местных потерь теплоты в фасонных частях, опорных конструкциях, арматуре, фланцах и т.д.:

$$Q = Q_{л} + Q_{м}$$

Линейные тепловые потери, Вт

$$Q_{л} = q \cdot l,$$

где  $q$  – удельные тепловые потери трубопровода по длине, Вт/м;

$l$  – длина трубопровода, м.

Местные тепловые потери, Вт, принято в приближенных расчетах выражать через эквивалентную длину теплопровода:

$$Q_{м} = q \cdot l_{э},$$

где  $l_{э}$  – эквивалентная длина трубопровода, м.

Следовательно, общие потери тепла в сети, Вт:

$$Q = q \cdot l + q \cdot l_{э} = q \cdot (l + l_{э}) = q \cdot l \cdot (1 + v),$$

где  $v = l_{э} / l$  – коэффициент, учитывающий дополнительные (местные) потери теплоты. В практических расчетах можно принимать  $\beta = 0,2 \div 0,3$ .

Для оценки эффективности теплоизоляционных конструкций принято пользоваться коэффициентом эффективности изоляции:

$$\eta_{и} = \frac{Q_{н} - Q_{и}}{Q_{н}},$$

где  $Q_{н}$  и  $Q_{и}$  – тепловые потери неизолированной и изолированной труб.

Для современных изоляционных конструкций теплопроводов  $\eta_{и} = 0,85 \div 0,95$ .

Для тепловых сетей следует, как правило, принимать теплоизоляционные материалы и теплоизоляционные конструкции, проверенные практикой эксплуатации. Новые материалы и конструкции допускаются к применению при положительных результатах независимых испытаний, проведенных специализированными лабораториями.

Материалы теплоизоляционного и покровного слоев теплопроводов должны отвечать требованиям норм пожарной безопасности и выбираться в зависимости от конкретных условий и способов прокладки.

При совместной подземной прокладке в тоннелях и проходных каналах теплопроводов с электрическими или слаботочными кабелями, трубами, транспортирующими горючие вещества, следует применять для теплоизоляции и покровного слоя негорючие материалы (НГ). При отдельной прокладке теплопроводов в тоннелях и проходных каналах применение негорючих материалов (НГ) обязательно только для покровного слоя теплоизоляции теплопроводов.

При надземной прокладке теплопроводов в пределах жилой застройки населенных пунктов следует применять для покровного слоя негорючие (НГ) материалы.

При надземной прокладке теплопроводов вне жилой застройки и за пределами населенных мест допускается применять для покровного слоя теплоизоляции материалы групп горючести Г1 и Г2.

При бесканальной прокладке и в непроходных каналах допускается применять горючие материалы теплоизоляционного и покровного слоев.

Тоннель (проходной канал) следует разделять через каждые 200 м на отсеки 1-го типа с противопожарными дверями 2-ого типа.

При прокладке теплопроводов в теплоизоляции из горючих материалов следует предусматривать вставки из негорючих материалов длиной не менее 3 метров:

- в непроходных каналах - в каждой камере тепловой сети и на вводе в здания. В этих же местах следует устраивать глухие противопожарные перегородки 1-го типа;

- в тоннелях и проходных каналах - на вводе в здания и в узлах установки арматуры. Собственно тоннель (проходной канал) следует разделять через каждые 200 метров на отсеки глухими противопожарными перегородками 1-го типа (с противопожарными дверями 2-го типа);

- при надземной прокладке - через каждые 100 метров;

- для вертикальных участков расщечки устраиваются через каждые 10 метров;

- при бесканальной прокладке - в каждой камере тепловой сети и на вводе в здания. В местах выхода теплопроводов из грунта на высоте до 1 метра также следует предусматривать расщечки из негорючих материалов.

При применении конструкций теплопроводов в теплоизоляции из горючих материалов в негорючей оболочке допускается вставки не делать.

Детали крепления теплопроводов должны выполняться из коррозионно-стойких материалов или покрываться антикоррозионными покрытиями.



Выбор материала тепловой изоляции и конструкции теплопровода следует производить по экономическому оптимуму суммарных эксплуатационных затрат и капиталовложений в тепловые сети, сопутствующие конструкции и сооружения. При выборе теплоизоляционных материалов, применение которых вызывает необходимость изменения параметров теплоносителя (расчетной температуры, режимов регулирования), следует производить сопоставление вариантов систем централизованного теплоснабжения в целом.

Выбор толщины теплоизоляции следует производить по СНиП на заданные параметры с учетом климатологических данных пункта строительства, стоимости теплоизоляционной конструкции и теплоты.

При определении тепловых потерь теплопроводами расчетная температура внутренней среды принимается для подающих теплопроводов водяных тепловых сетей:

- при постоянной температуре сетевой воды и количественном регулировании - максимальная температура теплоносителя;
- при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании - среднегодовая температура теплоносителя 110°C при температурном графике регулирования 180-70°C, 90°C при 150-70°C и 65°C при 130-70°C.

Среднегодовая температура для обратных теплопроводов водяных тепловых сетей принимается 50 °С.

При размещении теплопроводов в служебных помещениях, технических подпольях и подвалах жилых зданий температура внутреннего воздуха принимается равной 20°C, а температура на поверхности конструкции теплопроводов не выше 45°C.

## **11.2 Надземная прокладка**

При выборе конструкций теплопроводов следует учитывать следующие обязательные требования к физико-техническим характеристикам конструкций теплопроводов в сборке:

- при применении покровный слой теплоизоляции должно быть паропроницаемым и не препятствовать высыханию увлажненной теплоизоляции.
- при применении конструкций с герметичными покрытиями обязательно устройство электронной сигнальной системы увлажнения и замены увлажненных участков сухими;
- показатели термостойкости, противостояния инсоляции должны находиться в заданных пределах в течение всего установленного срока службы для каждого элемента или конструкции;
- скорость наружной коррозии не должна превышать 0,03 мм/год.

Для надземных прокладок водяных тепловых сетей с постоянной температурой теплоносителя при определении толщины теплоизоляции с учетом требований безопасности за расчетную температуру наружного воздуха принимается средняя температура наиболее жаркого месяца.

При расчете тепловых потерь для надземных прокладок за расчетную температуру наружной среды при круглогодичной работе тепловой сети следует принимать среднегодовую температуру наружного воздуха, а при работе

только в отопительный период - среднюю за отопительный период. Скорость ветра - не более 10 м/с.

### **11.3 Подземная прокладка**

Для бесканальных прокладок тепловых сетей следует рассматривать две принципиально отличные группы конструкций теплопроводов:

группа «а» - теплопроводы в герметичной паронепроницаемой гидрозащитной оболочке. Защита труб от коррозии вследствие увлажнения должна осуществляться путем замены увлажненного участка теплоизоляции теплопровода новым сухим. Представительная конструкция — теплопроводы заводского изготовления в пенополиуретановой теплоизоляции с полиэтиленовой оболочкой;

группа «б» - теплопроводы с паропроницаемым гидрозащитным покрытием или в монолитной теплоизоляции, наружный уплотненный слой которой должен обладать водоотталкивающими свойствами и одновременно паропроницаемостью, а уплотненный внутренний, прилегающий к трубе, - защищать стальную трубу от коррозии. Представительные конструкции - теплопроводы заводского изготовления в пенополимерминеральной или армопенобетонной теплоизоляции.

Обязательные требования к теплопроводам группы «а» следующие:

- равномерность плотности заполнения конструкции теплоизоляции теплоизоляционным материалом при обязательном инструментальном контроле заводом-изготовителем;

- герметичность оболочки и наличие электронной системы, сигнализирующей аварийное увлажнение. Немедленная организация замены влажного участка сухим;

- показатели термостойкости должны находиться в заданных пределах в течение всего установленного срока службы;

- скорость наружной коррозии труб не должна превышать 0,03 мм/год;

- стойкость к истиранию защитного покрытия - не более 2 мм/25 лет.

Обязательные требования к физико-техническим характеристикам конструкций теплопроводов группы «б» следующие:

- показатели термостойкости должны находиться в заданных пределах в течение всего установленного срока службы;

- скорость наружной коррозии стальных труб не должна превышать 0,03 мм/год;

- стойкость к истиранию защитного покрытия - не более 2 мм/25 лет.

При расчете толщины изоляции и определении годовых потерь теплоты теплопроводами, проложенными бесканально на глубине заложения оси теплопровода более 0,7 м, за расчетную температуру окружающей среды принимается низшая среднемесячная температура грунта на этой глубине.

При глубине заложения оси теплопровода менее 0,7 м, за расчетную температуру окружающей среды принимается та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

Для определения температуры грунта в температурном поле подземного теплопровода температура теплоносителя должна приниматься:

- для водяных тепловых сетей - по температурному графику регулирования при средней месячной температуре наружного воздуха расчетного месяца;
- для сетей горячего водоснабжения - по максимальной температуре горячей воды.

При выборе конструкций теплопроводов следует учитывать следующие обязательные требования к физико-техническим характеристикам конструкций теплопроводов в сборке:

- при прокладке в непроходных и проходных каналах и тоннелях гидрозащитное покрытие теплоизоляции должно быть паропроницаемым и не препятствовать высыханию увлажненной теплоизоляции; покровный слой теплоизоляции должен быть паропроницаемым и не препятствовать высыханию увлажненной теплоизоляции. При применении конструкций с герметичными покрытиями обязательно устройство электронной сигнальной системы увлажнения и замены увлажненных участков сухими;

- показатели термостойкости должны находиться в заданных пределах в течение всего установленного срока службы для каждого элемента или конструкции;

- скорость наружной коррозии стальных труб не должна превышать 0,03 мм/год.

При определении толщины теплоизоляции теплопроводов, проложенных в проходных, полупроходных каналах и тоннелях, следует принимать температуру воздуха в них не более 40<sup>0</sup>С.

При определении годовых потерь теплоты теплопроводами, проложенными в каналах и тоннелях, параметры теплоносителя следует принимать по действующим нормативным документам. При прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканально коэффициент теплопроводности теплоизоляции должен приниматься с учетом возможного увлажнения конструкции теплопроводов.

#### 11.4 Строительные конструкции при подземной прокладке

Каркасы, кронштейны и другие стальные конструкции под трубопроводы тепловых сетей должны быть защищены от коррозии.

Для наружных поверхностей каналов, тоннелей, камер и других конструкций при прокладке тепловых сетей вне зоны уровня грунтовых вод должна предусматриваться обмазочная изоляция и оклеечная гидроизоляция перекрытий указанных сооружений. При прокладке тепловых сетей в каналах ниже максимального уровня стояния грунтовых вод следует предусматривать попутный дренаж, а для наружных поверхностей строительных конструкций и закладных частей - гидрозащитную изоляцию.

При невозможности применения попутного дренажа должна предусматриваться оклеечная гидроизоляция на высоту, превышающую максимальный уровень грунтовых вод на 0,5 м, или другая эффективная гидроизоляция.

При бесканальной прокладке теплопроводов с полиэтиленовым покровным слоем устройство попутного дренажа не требуется.

Для попутного дренажа должны приниматься трубы со сборными элементами, а также готовые трубофильтры. Диаметр дренажных труб должен приниматься по расчету.

На углах поворота и на прямых участках попутных дренажей следует предусматривать устройство смотровых колодцев не реже чем через 50 м. Отметка дна колодца должна приниматься на 0,3 м ниже отметки заложения прилегающей дренажной трубы. Для сбора воды должен предусматриваться резервуар вместимостью не менее 30 % максимального часового количества дренажной воды. Отвод воды из системы попутного дренажа должен предусматриваться самотеком или откачкой насосами в дождевую канализацию, водоемы или овраги.

Для откачки воды из системы попутного дренажа должна предусматриваться установка в насосной не менее двух насосов, один из которых является резервным. Подача (производительность) рабочего насоса должна приниматься по величине максимального часового количества поступающей воды с коэффициентом 1,2, учитывающим отвод случайных вод.

Уклон труб попутного дренажа должен приниматься не менее 0,003.

Конструкции щитовых неподвижных опор должны приниматься только с воздушным зазором между трубопроводом и опорой и позволять возможность замены трубопровода без разрушения железобетонного тела опоры. В щитовых опорах должны предусматриваться отверстия, обеспечивающие сток воды, и при необходимости отверстия для вентиляции каналов.

Высота проходных каналов и тоннелей должна быть не менее 1,8 м. Ширина проходов между теплопроводами должна быть равна наружному диаметру неизолированной трубы плюс 100 мм, но не менее 700 мм. Высота камер в свету от уровня пола до низа выступающих конструкций должна приниматься не менее 2 м. Допускается местное уменьшение высоты камеры до 1,8 м. Для тоннелей следует предусматривать входы с лестницами на расстоянии не более 300 м друг от друга, а также аварийные и входные люки на расстоянии не более 200 м для водяных тепловых сетей.

Входные люки должны предусматриваться во всех конечных точках тупиковых участков тоннелей, на поворотах и в узлах, где по условиям компоновки трубопроводы и арматура затрудняют проход.

В тоннелях не реже чем через 300 м следует предусматривать монтажные проемы длиной не менее 4 м и шириной не менее наибольшего диаметра прокладываемой трубы плюс 0,1 м, но не менее 0,7 м.

Число люков для камер следует предусматривать не менее двух, расположенных по диагонали.

Из прямиков камер и тоннелей в нижних точках должны предусматриваться самотечный отвод случайных вод в сбросные колодцы и устройство отключающих клапанов на входе самотечного трубопровода в колодец. Отвод воды из прямиков других камер (не в нижних точках) должен предусматриваться передвижными насосами или непосредственно самотеком в системы канализа-

ции с устройством на самотечном трубопроводе гидрозатвора, а в случае возможности обратного хода воды - дополнительно отключающих клапанов.

В тоннелях надлежит предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию. Вентиляция тоннелей должна обеспечивать как в зимнее, так и летнее время температуру воздуха в тоннелях не выше 40°C, а на время производства ремонтных работ - не выше 33°C. Температуру воздуха в тоннелях с 40 до 33°C допускается снижать с помощью передвижных вентиляционных установок.

Необходимость естественной вентиляции каналов устанавливается в проектах. При применении для теплоизоляции труб материалов, выделяющих в процессе эксплуатации вредные вещества в количествах, превышающих ПДК в воздухе рабочей зоны, устройство вентиляции обязательно. Вентиляционные шахты для тоннелей могут совмещаться с входами в них. Расстояние между приточными и вытяжными шахтами следует определять расчетом.

При бесканальной прокладке тепловых сетей теплопроводы укладываются на песчаное основание при несущей способности грунтов не менее 0,15 МПа. В слабых грунтах с несущей способностью менее 0,15 МПа рекомендуется устройство искусственного основания. Бесканальная прокладка теплопроводов может проектироваться под непроезжей частью улиц и внутри кварталов жилой застройки, под улицами и дорогами V категории и местного значения. Прокладка теплопроводов под проезжей частью автомобильных дорог I - IV категорий, магистральных дорог и улиц допускается в каналах или футлярах.

При подземном пересечении дорог и улиц должны соблюдаться требования действующих норм.

При компенсации температурных расширений за счет углов поворота трассы, П-образных, Г-образных, Z-образных компенсаторов при бесканальной прокладке трубопроводов следует предусматривать амортизирующие прокладки либо каналы (ниши).

Ответвления, которые расположены не у неподвижных опор, также следует предусматривать с амортизирующими прокладками.

### **11.5 Строительные конструкции при надземной прокладке**

На эстакадах и отдельно стоящих опорах в местах пересечения железных дорог, рек, оврагов и на других труднодоступных для обслуживания трубопроводов участках надлежит предусматривать проходные мостики шириной не менее 0,6 м.

Расстояние по вертикали от планировочной отметки земли до низа трубопроводов следует принимать:

- для низких опор - от 0,3 м до 1,2 м в зависимости от планировки земли и уклонов теплопроводов;
- для высоких отдельно стоящих опор и эстакад - для обеспечения проезда под теплопроводами и конструкциями эстакад железнодорожного и автомобильного транспорта.

При надземной прокладке тепловых сетей должен соблюдаться уклон теплопроводов.

Для обслуживания арматуры и оборудования, расположенных на высоте 2,5 м и более, следует предусматривать стационарные площадки шириной 0,6 м с ограждениями и лестницами.

Лестницы с углом наклона более  $75^\circ$  или высотой более 3 м должны иметь ограждения.

Лекция 12

## Компенсаторы и опоры трубопроводов тепловых сетей

### 12.1 Компенсация тепловых удлинений

Наиболее простая компенсация температурных удлинений трубопроводов достигается использованием естественных поворотов трассы под углом  $90 - 130^\circ$ . Для естественной компенсации могут быть использованы подъемы и опуски трассы. Участки трубопроводов с самокомпенсацией наиболее надежны в эксплуатации, не имеют утечек теплоносителя и не требуют регулярного наблюдения за работой. Наибольшее применение имеют следующие самокомпенсирующиеся схемы трубопроводов: плоскостные Г-образные с прямым или тупым углом поворота, Z-образные с тремя расчетными участками, пространственные Z-образные схемы с тремя участками, расположенными в трех различных плоскостях (применяются только в пределах котельных, бойлерных или при переходах через дороги или пути). Согласно строительным нормам размеры гибких компенсаторов должны удовлетворять расчету на прочность в холодном и рабочем состоянии трубопроводов. Расчет участков трубопроводов на самокомпенсацию должен производиться для рабочего состояния трубопроводов без учета предварительной растяжки труб на углах поворотов.

Для тепловых сетей должны приниматься детали и элементы трубопроводов заводского изготовления. Для гибких компенсаторов, углов поворота и других гнутых элементов трубопроводов должны приниматься крутоизогнутые отводы заводского изготовления с радиусом изгиба не менее одного диаметра трубы (по условному проходу).

Для компенсации тепловых удлинений трубопроводов тепловых сетей применяются гибкие и осевые компенсирующие устройства.

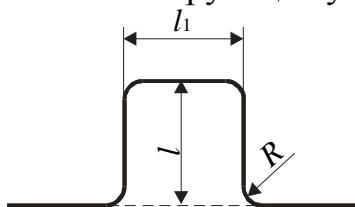


Рис. 12.1 – Схема П-образного компенсатора

Гибкие компенсаторы из труб (П-образные), а также углы поворота трубопроводов от  $90$  до  $130^\circ$  (самокомпенсация) независимо от параметров теплоносителя, способов прокладки и диаметров труб; Гибкие П-образные компенсаторы согласно строительным нормам могут применяться для любых диа-

метров трубопроводов, при любой прокладке. Они надежны в работе и не требуют обслуживания. Основным их недостатком являются большие габариты. Поэтому применение П-образных компенсаторов в городской черте ограничено. П-образные компенсаторы применяют при прокладке трубопроводов за городом, внутри кварталов при диаметре трубопроводов менее 100 мм и на территории промпредприятий.

К осевым компенсаторам относятся: сильфонные, линзовые, сальниковые и манжетные компрессоры.

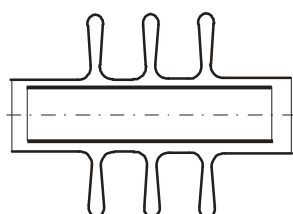


Рис. 12.2 – Схема линзового компенсатора

Участки трубопроводов с сальниковыми компенсаторами между неподвижными опорами должны быть прямолинейными, так как перекосы осей корпуса компенсатора приводят к заеданию и заклиниванию компенсатора. Поэтому для облегчения монтажа и последующей эксплуатации на двух пролетах, примыкающих к стакану компенсатора, допустимое расстояние между подвижными опорами рекомендуется уменьшать в 2 раза.

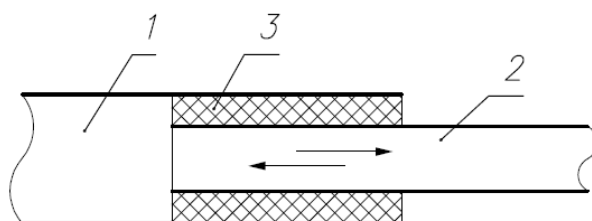


Рис. 12.3 – Схема сальникового компенсатора:  
1 – труба большего диаметра; 2 – труба меньшего диаметра;  
3 – сальниковая набивка

Сальниковые компенсаторы требуют постоянного обслуживания, поэтому их помещают в специальные камеры. Сальниковые стальные компенсаторы допускается применять при параметрах теплоносителя  $P_y \leq 2,5 \text{ МПа}$  и  $t \leq 300^\circ \text{C}$  для трубопроводов диаметром 100 мм и более при подземной прокладке и надземной при низких опорах. Расчётную компенсирующую способность компенсаторов следует принимать на 50 мм больше предусмотренной и конструкции компенсатора. Сальниковые компенсаторы для трубопроводов, прокладываемых на эстакадах и отдельно стоящих высоких опорах предусматривать, как правило, не допускается. При надземной прокладке следует предусматривать металличе-

ские кожухи, исключая доступ к сальниковым компенсаторам посторонних лиц и защищающих их от посторонних осадков. Участки трубопроводов с сальниковыми компенсаторами между неподвижными опорами должны быть прямолинейными. В отдельных случаях при обосновании допускаются мелкие изгибы трубопроводов при условии выполнения мероприятий, предотвращающие заклинивания сальниковых компенсаторов.

Расчётное тепловое удлинение трубопроводов  $\Delta x$ , мм, для определения размеров гибких компенсаторов следует определять по формуле:

$$\Delta x = \varepsilon \cdot \Delta l,$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий релаксацию компенсационных напряжений и предварительную растяжку компенсатора в размере 50% полного теплового удлинения  $\Delta l$  при температуре теплоносителя  $t \leq 300^\circ\text{C}$  и в размере 100% при температуре теплоносителя более  $400^\circ\text{C}$  и принимаемый в таблице.

$\Delta l$  – полное тепловое удлинение расчётного участка трубопровода, мм, определяемое по формуле:

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta t \cdot L,$$

здесь  $\alpha$  – средний коэффициент линейного расширения стали при нагреве от 0 до  $t^\circ\text{C}$ , мм/ (м\* $^\circ\text{C}$ );

$\Delta t$  – расчётный перепад температур, принимаемый как разность между температурой теплоносителя и расчётной температурой наружного воздуха для проектирования отопления,  $^\circ\text{C}$ ;

$L$  – расстояние между неподвижными опорами труб, м.

Таблица 12.1

**Значения коэффициента  $\varepsilon$**

Температура теплоносителя, $t^\circ\text{C}$	Коэффициент $\varepsilon$	
	Трубопровод в холодном состоянии	Трубопровод в рабочем состоянии
До 250	0,5	0,5
251-300	0,6	0,5
301-400	0,7	0,5
401-500	1,0	0,35

Размеры гибких компенсаторов должны удовлетворять расчёту на прочность в холодном и рабочем состояниях трубопроводов. Расчёт участков трубопроводов на самокомпенсацию должен производиться для рабочего состояния трубопроводов без учёта растяжки труб на углах поворотов. Расчётное тепло-



вое удлинение для этих участков трубопроводов надлежит определить для каждого направления координатных осей.

Установку показателей перемещения для контроля за тепловыми удлинениями трубопроводов в тепловых сетях вне зависимости от параметров теплоносителя и диаметров трубопроводов предусматривать не требуется.

На подающих и обратных трубопроводах водяных тепловых сетей для наблюдения за внутренней коррозией на концевых участках и в трёх характерных кольцевых узлах следует предусматривать по два индикатора коррозии в каждой точке, один из которых служит для наблюдения за кислородной коррозией, второй – за общей коррозией трубопроводов.

Для тепловых сетей должны приниматься, как правило, детали и элементы трубопроводов заводского изготовления. Для гибких компенсаторов, углов поворотов и других гибких элементов трубопроводов должны приниматься крутоизогнутые отводы городского изготовления с радиусом изгиба не менее одного диаметра трубы (по условному проходу). Допускаются принимать нормальноизогнутые отводы с радиусом изгиба не менее 3,5 номинального наружного диаметра трубы. Для трубопроводов водяных тепловых сетей с рабочим давлением теплоносителя до 2,5 Мпа включительно и температурой до 200°С включительно, а также для паровых тепловых сетей с рабочим давлением 2,2 Мпа включительно, температурой до 350°С включительно допускается принимать сварные секторные отводы. Штампованные тройники и отводы допускается принимать для теплоносителей всех параметров.

Расстояние между соседними поперечными сварными швами на прямых участках трубопроводов с теплоносительным давлением до 1,6 Мпа включительно и температурой до 250°С включительно должно быть не менее 50 мм, для теплоносителей с более высокими параметрами – не менее 100 мм. Расстояние от поперечного сварного шва до начала изгиба должно быть не менее 100 мм.

Крутоизогнутые отводы допускается сваривать между собой без прямого участка. Крутоизогнутые и сварные отводы вваривать непосредственно в трубу без штуцера (трубы, патрубка) не допускается.

## **12.2 Опоры тепловых сетей**

Подвижные опоры труб следует предусматривать:

- *скользящие* – независимо от направления горизонтального перемещения трубопроводов при всех способах прокладки и для всех диаметров труб;
- *катковые* – для труб диаметром 200мм и более для всех диаметров труб при прокладке в тоннелях, на кронштейнах, на отдельно стоящих опорах и эстакадах;
- *шариковые* – для труб диаметром 200мм и более при горизонтальных перемещениях труб под углом к оси трасы при прокладке в тоннелях, на кронштейнах, на отдельно стоящих опорах и эстакадах;

- *пружинные опоры или подвески* – для труб диаметром 150мм более в местах вертикальных перемещений труб (при необходимости);
- *жесткие подвески* – при надземной прокладке трубопроводов с гибкими компенсаторами на участках самокомпенсации.

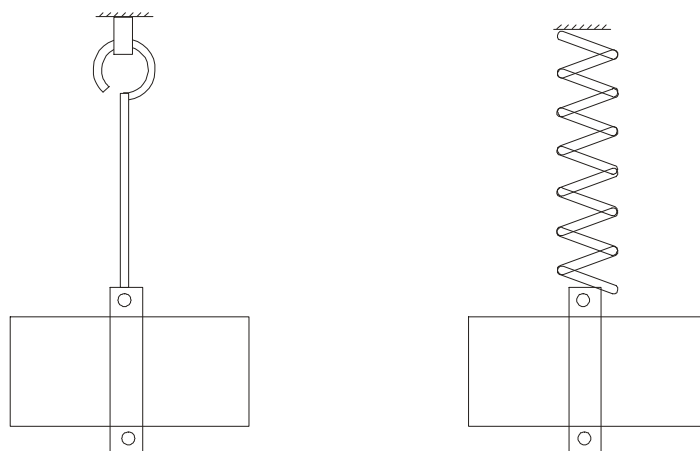


Рис. 12.4 – Схемы простой и пружинной подвесных опор

Длина жестких подвесок должна приниматься для водяных и конденсатных тепловых сетей не менее десятикратного, а для паровых – двадцатикратного теплового перемещения подвески, наиболее удаленной от неподвижной опоры.

Неподвижные опоры труб следует предусматривать:

- *упорные* – при всех способах прокладки трубопроводов;
- *щитовые* – при бесканальной прокладке и прокладке в непроходных каналах при размещении опор вне камер;
- *хомутовые* – при надземной прокладке и прокладке в тоннелях (на участках с гибкими компенсаторами и самокомпенсации).

### 12.3 Определение нагрузок на опоры трубопроводов

Вертикальную нормативную нагрузку на опоры труб  $F_v$ , Н, следует определять по формуле:

$$F_v = G_v l,$$

где  $G_v$  – вес одного трубопровода, включающий вес трубы, теплоизоляционной конструкции и воды (для паропроводов учитывается вес воды при гидравлическом испытании), Н/м;

$l$  – пролёт между подвижными опорами, м.

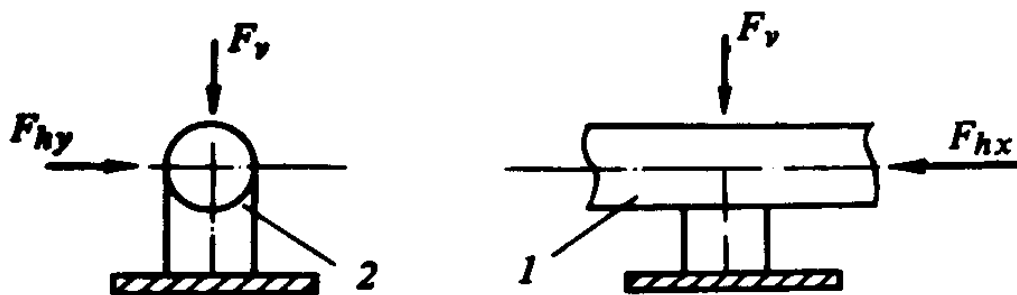


Рис. 10.5 – Схема нагрузок на опору:  
1 – труба; 2 – подвижная опора трубы

Горизонтальные нормативные осевые  $F_{hx}$ , Н, и боковые  $F_{hy}$ , Н, нагрузки на подвижные опоры труб от сил трения в опорах следует определять по формулам:

$$F_{hx} = \mu_x G_h l;$$

$$F_{hy} = \mu_y G_h l, \text{ где}$$

$\mu_x$  и  $\mu_y$  – коэффициенты трения в опорах соответственно при перемещении опоры вдоль оси трубопровода и под углом к оси, принимаемые по таблице.

$G_h$  – вес одного трубопровода в рабочем состоянии, включающий вес трубы, воды для водяных конденсатных сетей (вес воды в паропроводах не учитывается), Н/м.

Таблица 12.2

### Коэффициенты трения

Тип опор	Коэффициент трения (сталь по стали)	
	$\mu_x$	$\mu_y$
Скользкая	0,3	0,3
Катковая	0,1	0,3
Шариковая	0,1	0,1
Подвеска жесткая	0,4	0,1

При известной длине тяги коэффициент для жесткой подвески следует определять по формуле

$$\mu_x = \frac{0,5\Delta l}{l_t},$$

где  $\Delta l$  – тепловое удлинение участка трубопровода от неподвижной опоры до компенсатора, мм;

$l_t$  – рабочая длина тяги, мм.

Горизонтальные боковые нагрузки с учётом направления их действия должны учитываться при расчёте опор, расположенных под гибкими компенсаторами, а также на расстоянии  $\leq 40D_y$  трубопровода от угла поворота или гибкого компенсатора. Неподвижные опоры труб должны рассчитываться на наибольшую горизонтальную нагрузку при различных режимах работы трубопроводов, в том числе при открытых и закрытых задвижках. При кольцевой схеме тепловых сетей должна учитываться возможность движения теплоносителя с любой стороны.

Таблица 10.3

## Расстояние между подвижными опорами трубопроводов, м

Диаметр условного прохода, $D_y$ , мм	Прокладка надземная и в проходных каналах при компенсаторах				Прокладка в непроходных каналах на бетонных подушках
	П - образных		сальниковых		
	Параметры теплоносителя ( $p$ в кгс/см <sup>2</sup> , $t$ в °С)				
	$p = 8 \div 16$ $t = 100 \div 150$	$p = 8 \div 13$ $t = 250 \div 300$	$p = 8 \div 16$ $t = 100 \div 150$	$p = 8 \div 13$ $t = 250 \div 300$	
25	-	2	-	2	1,7
32	2	2	2	2	2
40	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
50	3	3	3	3	3
70	3,5	3,5	3,5	3,5	3
80	4	4	4	4	3,5
100	5	5	5	5	4
125	6	6	6	6	4,5
150	7	8	7	8	5
175	8	9	8	9	5,5
200	9	11	9	11	6
250	11	12	11	12	7
300	12	14	12	14	8
350	14	16	14	16	8
400	14	15	13	15	8,5

Таблица 10.4

## Расстояние между неподвижными опорами трубопроводов, м

Условный проход труб $D_y$ в мм	Компенсаторы П - образные				Компенсаторы сальниковые	
	Расстояние между неподвижными опорами в м при параметрах теплоносителя: $P_{раб}$ в кгс/см <sup>2</sup> , $t$ в °С					
	$P_{раб}=8,$ $t=100;$ $P_{раб}=16,$ $t=150$	$P_{раб}=8,$ $t=250$	$P_{раб}=16,$ $t=325;$ $P_{раб}=21,$ $t=350$	$P_{раб}=8,$ $t=100;$ $P_{раб}=16,$ $t=150$	$P_{раб}=8,$ $t=250$	$P_{раб}=13,$ $t=300$
1	2	3	4	5	6	7
50	60	60	60	-	-	-
70	70	70	70	-	-	-
80	80	80	80	-	-	-
100	80	80	80	70	60	50
125	90	90	80	70	60	50
150	100	100	80	80	70	60
175	100	100	90	80	70	60
200	120	120	100	80	70	60
250	120	120	100	100	70	60

1	2	3	4	5	6	7
300	120	120	120	100	70	60
350	140	120	120	120	70	60
400	160	140	120	140	100	80
450	160	140	-	140	100	80
500	180	160	-	140	100	80
600	200	160	-	160	100	80
700	200	160	-	160	100	80
800	200	160	-	160	100	80
900	200	160	-	160	100	80
1000	200	160	-	160	100	80

*Примечание. Расстояние между неподвижными опорами трубопроводов на участках самокомпенсации рекомендуется принимать не более 60% от указанных в таблице для П-образных конденсаторов.*

## Лекция 13

### Системы горячего водоснабжения

#### 13.1 Подогреватели систем горячего водоснабжения

При независимом присоединении систем отопления к тепловым сетям, а также для нагрева холодной воды в процессе получения горячей в центральных тепловых пунктах используют скоростные водонагреватели и пластинчатые теплообменники.

Пластинчатые теплообменники производят в трех модификациях: разборные, полуразборные и неразборные.

Разборные пластинчатые теплообменники используются в тех случаях, когда необходимо обеспечить доступ к поверхности пластин для периодической очистки от накипи и загрязнений.

Скоростной водонагреватель (рис. 13.1) состоит из отдельных секций, которые соединяются калачами. Корпус секций выполнен из стальных труб диаметром 57 - 530 мм. Внутри корпуса размещены трубные решетки, в которых вальцуются латунные трубки диаметром до 16 мм (при подготовке воды для систем горячего водоснабжения) или стальные трубки диаметром 16 мм. У этих водонагревателей греющая вода или пар проходит в межтрубном пространстве, а вода из холодного водопровода, которую нагревают, проходит внутри трубок, нагреваясь во время своего движения нужной температуры.

В тех случаях, когда одна из рабочих сред не оставляет на поверхности загрязнений (химически обработанная вода тепловых сетей, водяной пар и тому подобное) и поверхность не нуждается в механической очистке, используются полуразборные пластинчатые теплообменные аппараты. Основным элементом конструкции теплообменника является блок из двух сварных пластин, которые собираются на раме теплообменника.

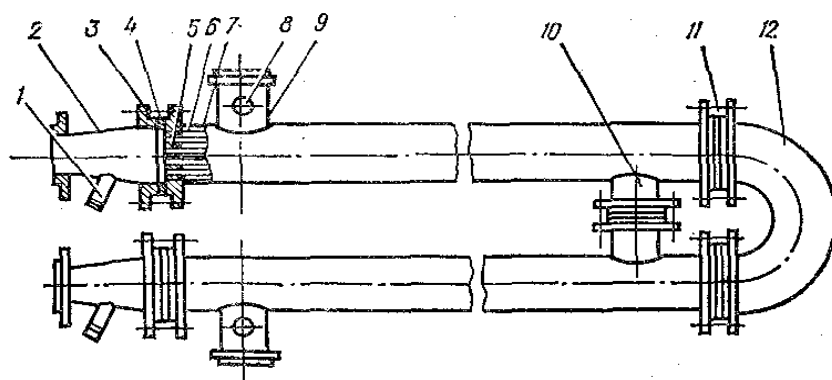


Рис. 13.1 – Скоростной водоподогреватель:

1,8-штуцера, 2-переходный патрубок, 3-фланец, 4- прокладки, 5-трубная решетка, 6-трубка, 7-корпус, 9- соединительный патрубок, 10-перепускной патрубок, 11- болт с гайкой, 12-калач.

Условием применения сварных пластинчатых теплообменников является отсутствие в процессе эксплуатации нерастворимых отложений на поверхности теплообмена. На рисунке 13.2 показана конструкция разборного пластинчатого теплообменника. Аппарат состоит из группы пластин 15, установленных на верхней горизонтальной штанге 7. Концы верхней и нижней штанги закреплены в неподвижной плите 3 и на стойке 9. Пластины, с помощью плиты натиска 8 и винта 10 соединяют в общий пакет. Вода, которая нагревается, входит в аппарат через штуцер 1, размещенный на опорной плите, и через верхнее угловое отверстие 4 поступает к коллектору 14 распределяется по каналам, которые образовались между пластинами при их соединении. Выходя из каналов, нагреваемая вода собирается в коллектор 14 и через штуцер 11 выходит из аппарата.

Движение сред в теплообменнике организуется по противоточной схемой. Гретья вода поступает в аппарат через штуцер 12, приходит через нижний коллектор и распределяется по своим каналам. Через верхний коллектор и штуцер 2 гретья вода выходит из аппарата.

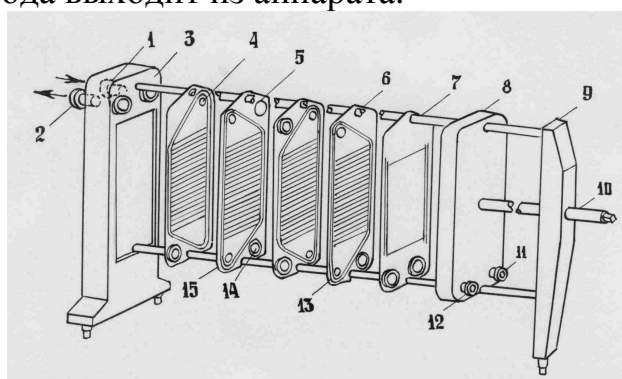


Рис. 13.2 – Разборный пластинчатый теплообменник:

1 – штуцер для входа холодной воды; 2 – штуцер для входа гретья воды; 3 – неподвижная плита; 4 – угловое отверстие; 5 – малые резиновые прокладки; 6, 15 – группа пластин; 7 – горизонтальная штанга; 8 – плита; 9 – стойка; 10 – винт; 11, 12 – штуцер; 13 – резиновые прокладки; 14 – колектор

### **13.2 Открытые и закрытые системы теплоснабжения**

Водяные системы теплоснабжения по способу присоединения с горячим водоснабжением разделяются на две группы:

- открытые системы,
- закрытые системы.

В **закрытых** системах вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только в качестве греющей среды, то есть как теплоноситель, но из сетей потребителем не разбирается.

В **открытых** системах вода может частично или полностью разбираться у потребителей горячего водоснабжения.

В закрытых системах теплоснабжения установки горячего водоснабжения присоединяются к тепловым сетям при помощи водо-водяных подогревателей. В открытых системах осуществляется непосредственное присоединение.

При закрытой системе теплоснабжения количество воды, циркулирующей в тепловой сети, остается неизменным, так как во всех абонентских установках вода выполняет только функции греющего теплоносителя и не отбирается из трубопроводов. Гидравлическая изолированность водопроводной воды, поступающей в установки горячего водоснабжения, от воды, циркулирующей в тепловой сети, - преимущество закрытой системы.

В Харькове, в основном, применяются закрытые системы теплоснабжения.

**Схемы присоединения систем отопления и вентиляции к тепловым сетям могут быть:**

- зависимые,
- независимые.

При **зависимой** схеме вода из тепловых сетей непосредственно поступает в нагревательные приборы систем отопления.

При **независимой** схеме вода из тепловых сетей доходит только до тепловых пунктов местных систем и не попадает в нагревательные приборы, а в специально предусмотренных подогревателях нагревает воду, циркулирующую в системе отопления, и возвращается по обратному теплопроводу к источнику теплоснабжения. Независимые системы отопления применяются в зданиях повышенной этажности (более 12 этажей).

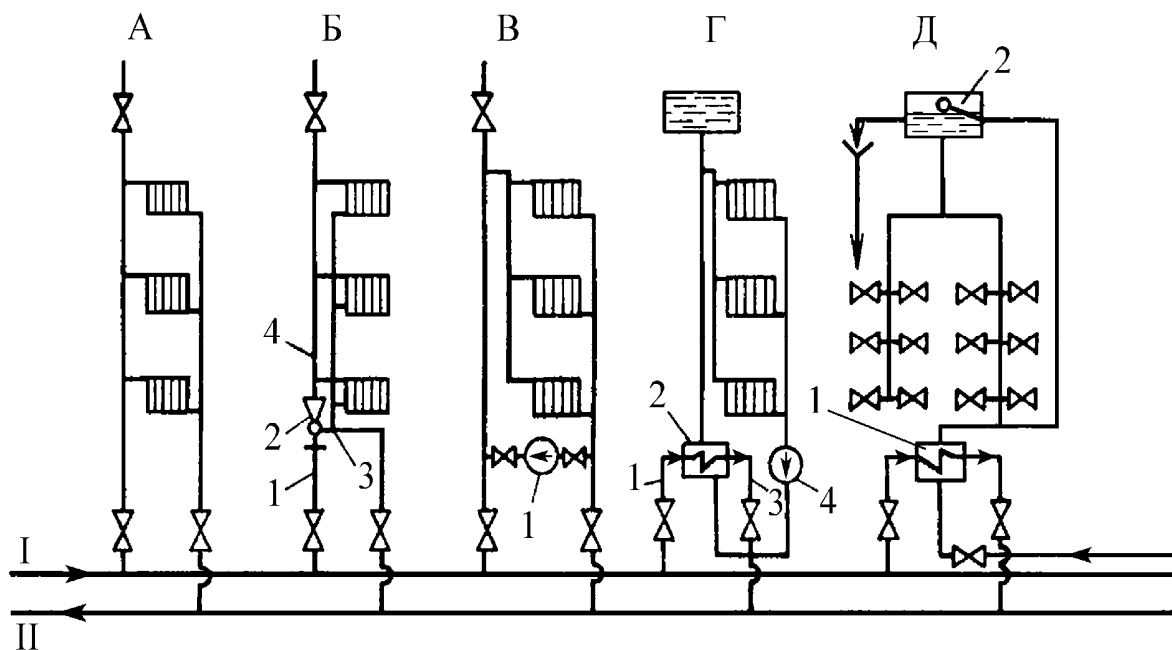


Рис. 13.3 – Закрытая водяная система теплоснабжения:  
*А – система отопления с непосредственным присоединением;*  
*Б – система отопления с элеваторным присоединением;*  
*В – система отопления с насосным подмешиванием;*  
*Г – система отопления с независимым присоединением;*  
*Д – система горячего водоснабжения с водоподогревателем*  
*(закрытая система)*

По подающему теплопроводу I вода подается к потребителям теплоты, а по обратному теплопроводу II охлажденная вода поступает к источнику.

Узлы А, Б, В представляют собой зависимые схемы присоединения систем отопления к тепловым сетям.

Узел А – схема применяется, в основном, для систем отопления промышленных зданий. При такой схеме температура в подающем теплопроводе тепловой сети не превосходит предела, установленного санитарными нормами для нагревательных приборов.

По санитарным нормам вода, поступающая в нагревательные приборы отопительных систем жилых зданий и бытовых помещений промышленных зданий, не может превышать 95-105°C, в то время как температура воды в подающем теплопроводе тепловой сети доходит до 150°C.

Смесительное устройство, установленное на тепловом пункте, подмешивает к горячей воде из тепловой сети обратную воду, прошедшую нагревательные приборы. В качестве смесительных устройств на абонентских вводах применяются струйные и центробежные насосы.

Узел Б – применен водоструйный элеватор. Схема получила широкое распространение, большинство пунктов жилых зданий в городах оборудовано элеваторами. Вода из подающего теплопровода через подводящий трубопровод 1 поступает в элеватор 2. Через патрубок 3 к элеватору подсасывается охлажденная вода после нагревательных приборов отопительной системы. Смешан-



ная вода с температурой ниже, чем температура воды в тепловой сети, по трубопроводу 4 подается к потребителю.

Узел В – центробежный насос. Для работы элеватора требуется напор на вводе не менее 10-15 м. В случае недостаточного напора вместо элеватора ставится на вводе центробежный насос 1. Он устанавливается на перемычке между подающим и обратным теплопроводами. Применение элеватора выгоднее насоса, так как для работы насоса требуются затраты электроэнергии (установка электродвигателя).

Узел Г – схема независимого присоединения отопительной системы с водоподогревателем 2. Охлажденная отдавшая теплоту вода по трубе 3 поступает в обратный теплопровод тепловой сети. Циркуляция воды в отопительной системе создается насосом 4.

Узел Д – схема присоединения системы горячего водоснабжения к тепловой сети с применением водоподогревателя. Для горячего водоснабжения подогреватели выпускаются с диаметрами корпусов от 50 до 500 мм. Вода из тепловой сети проходит между латунными трубками подогревателя и нагревает водопроводную воду, проходящую внутри этих трубок. Подогретая водопроводная вода поступает к водозаборным кранам системы горячего водоснабжения. На схеме Д показан аккумулятор горячей воды 2, который применяется для сглаживания колебаний расхода воды в течение суток.

Узлы В, Г, Д могут быть выполнены для каждого отдельного здания. В этом случае они называются индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП). В ряде случаев эти же узлы могут быть общими для группы жилых и общественных зданий и оборудовать центральный тепловой пункт (ЦТП).

Основными недостатками закрытых систем теплоснабжения являются:

а) усложнение оборудования абонентских вводов из-за установки водоводяных подогревателей;

б) коррозия в системах горячего водоснабжения зданий, так как в них поступает водопроводная подогретая вода, содержащая кислород (отсутствие деаэрации);

в) выпадение накипи в подогревателях горячего водоснабжения на тепловых пунктах при повышенной жесткости водопроводной воды.

Открытые системы теплоснабжения на Украине применяются реже, чем закрытые.

Основные преимущества открытых систем по сравнению с закрытыми:

1) возможность использования для горячего водоснабжения низкопотенциальной отработавшей теплоты промышленных предприятий;

2) упрощение и удешевление абонентских вводов и повышение долговечности местных установок горячего водоснабжения;

3) возможность использования для транзитного транспорта теплоты однотрубной системы.

К недостаткам открытых систем теплоснабжения можно отнести:

1) усложнение и увеличение объема водоподготовительных установок на ТЭЦ и районных котельных;

2) усложнение контроля герметичности системы теплоснабжения в связи с тем, что в данных системах расход подпитки не характеризует плотность системы;

3) усложнение и увеличение санитарного контроля системы теплоснабжения.

### 13.3 Последовательная двухступенчатая схема присоединения потребителей

Последовательная двухступенчатая схема присоединения потребителей с разнородной нагрузкой используется для уменьшения количества сетевой воды на нагрев водопроводной воды (при этом уменьшены диаметры труб тепловых сетей, мощность насосов).

По этой схеме водопроводная вода нагревается в двух подогревателях, сначала в первом (5) – обратной водой после отопительной системы, а потом во втором (6) – сетевой водой, которая затем поступает в отопительную систему здания (3), в котором оборудуется система горячего водоснабжения. Температура обратной сетевой воды в этом случае уменьшается и на ТЭЦ можно для ее нагрева использовать пар более низкого давления (из вакуумных паровых турбин), что улучшает экономику выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

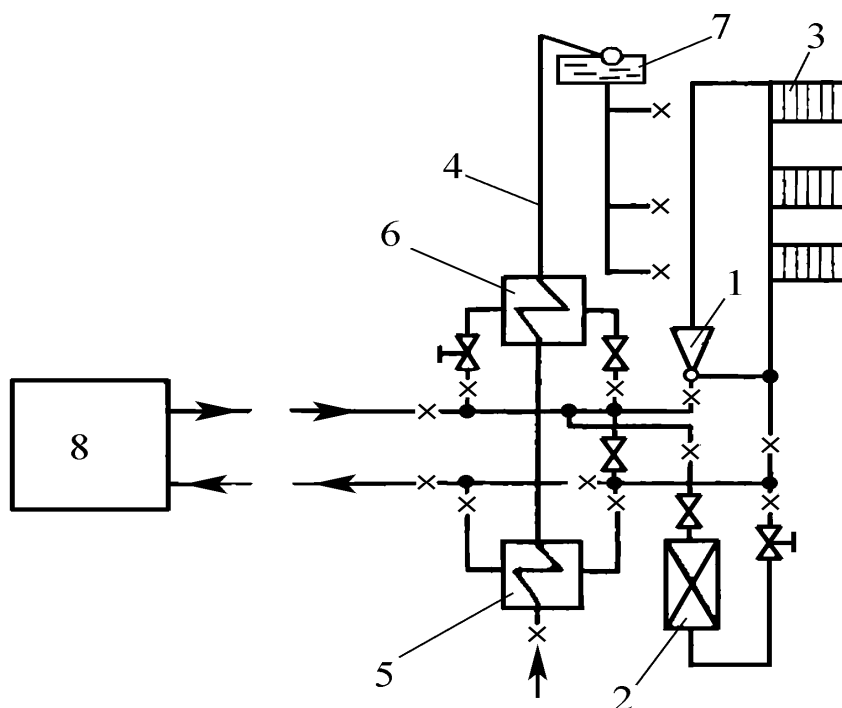


Рис. 13.4 – Закрытая двухступенчатая схема присоединения потребителей:

- 1 – элеватор; 2 – калорифер; 3 – система отопления; 4 – система горячего водоснабжения; 5 – водоподогреватель первой ступени; 6 – водоподогреватель второй ступени; 7 – бак-аккумулятор горячей воды; 8 – источник теплоснабжения.

### 13.4 Схемы систем горячего водоснабжения

Система горячего водоснабжения зданий предназначена для бесперебойной подачи воды с температурой 50 – 75 °С в количествах, необходимых для удовлетворения хозяйственно-бытовых и производственных потребностей. Система горячего водоснабжения может быть местной и централизованной.

Местную систему горячего водоснабжения устраивают в небольших зданиях, где вода нагревается у каждого потребителя или в небольшой их группы. Вода из системы холодного водоснабжения подается к местному водонагревателю, где топливо, которое сгорает, или другой источник энергии нагревает воду. Горячая вода поступает к потребителю по распределительной сети. В качестве водонагревателей используют газовый емкостный водонагреватель или газовый проточный водонагреватель.

Централизованные системы горячего водоснабжения (ЦСГВ) зданий устраивают при наличии ТЭЦ или районной котельной и присоединяют к тепловым сетям по открытой или закрытой схеме.

В открытой схеме ЦСГВ горячая вода потребителю поступает из трубопровода тепловой сети, предварительно смешиваясь с охлажденной водой в терморегуляторе.

В закрытой схеме ЦСГВ, которая наиболее распространена, подготовка воды, транспортировки ее, к потребителям и поддержанию циркуляции горячей воды с целью предотвращения ее потерь осуществляются в тепловых пунктах: центральных – для группы зданий; индивидуальных – для одного здания.

Циркуляционная ЦСГВ зданий состоит из разводящих и циркуляционных магистральных трубопроводов, подающих и циркуляционных стояков, имеющих полотенцесушители, перемычек, подводок к приборам, арматуры, баков-аккумуляторов (если они предусмотрены проектом), контрольно-измерительных и регулировочных приборов. В ЦСГВ без циркуляции воды циркуляционные разводящие магистрали, стояки и перемычки, отсутствуют.

В ЦСГВ с нижней разводкой (рис. 11.3, а, б) циркуляционная магистраль 2 и циркуляционные стояки 4 прокладывают параллельно разводным магистралям 1 и подающим стоякам 3. Магистрали проходят в подвалах или напольных каналах. Недостатком этой схемы является значительная длина трубопроводов.

В ЦСГВ с нижней разводкой и секционными узлами (рис. 11.3, в) на 3-8 подающих стояков 3 прокладывают один циркуляционный стояк 4, что позволяет уменьшить длину трубопроводов системы. В зданиях высотой до 12 этажей включительно применяют секционные узлы с нижней разводкой, когда подающие стояки 3 присоединяют к разводящей магистрали 1, а циркуляционный стояк 4 – к перемычке 7, которая проложена на техническом этаже здания или под потолком верхнего этажа.

Установление водоразборной арматуры на циркуляционных стояках (рис. 11.3, г) снижает металлоемкость системы.

ЦСГВ с верхней разводкой и секционными узлами (рис. 11.3, д) используют в зданиях высотой более 12 этажей. В этом случае горячая вода из разводящей магистрали по главному стояку 8 поступает к кольцевой перемычке 7.

При этом в техническом подполье циркуляционные стояки могут быть закольцеваны нижней перемычкой, к которой присоединяют циркуляционный магистральный трубопровод.

Проектирование системы горячего водоснабжения должно отвечать требованиям действующих строительных норм.

Системы горячего водоснабжения должны монтироваться из оцинкованных труб на резьбовых соединениях. Соединять оцинкованные трубы допускается дуговой сваркой в среде двуокиси углерода. Разводящие магистрали и стояки системы горячего водоснабжения должны быть теплоизолированы.

В системе горячего водоснабжения используют водоразборную и смесительную арматуру, а также запорную арматуру, по конструкции, аналогичной той, которая используется в системе холодного водоснабжения.

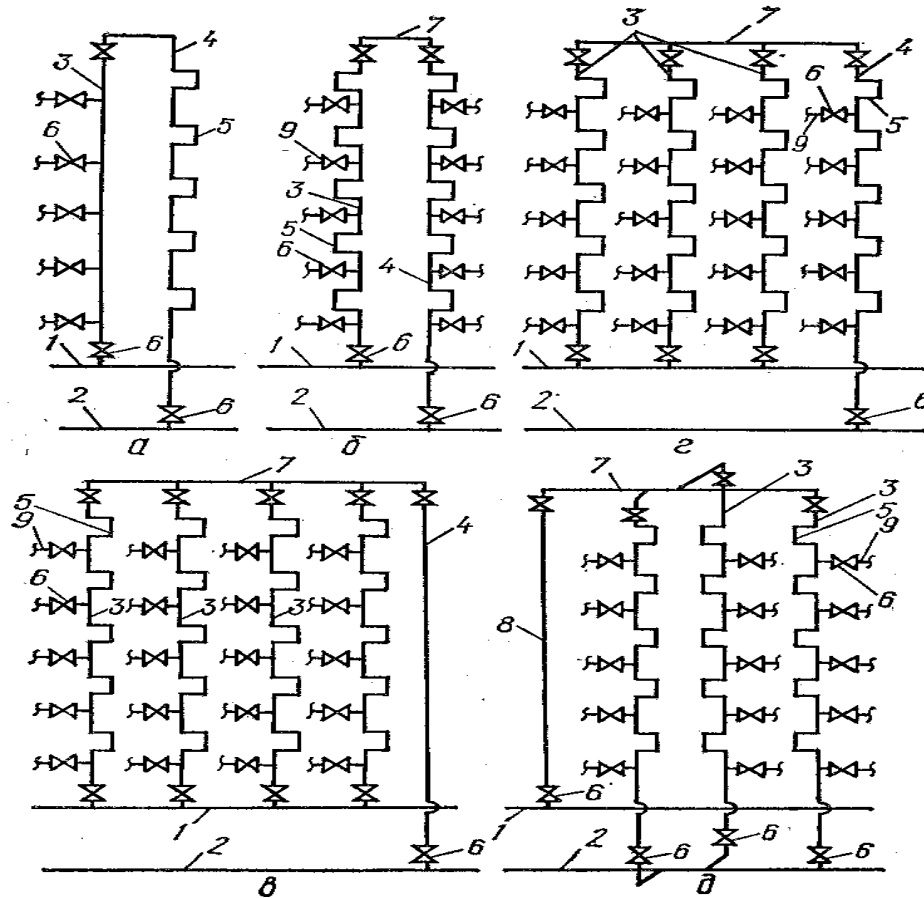


Рис. 13.5 – Схемы присоединения водоразборных и циркуляционных стояков системы горячего водоснабжения зданий:

- а* – с нижней и парной разводкой, закольцованными стояками с водоразборной арматурой на водоразборном стояке; *б* – с нижней разводкой и парной закольцованными стояками с водоразборной арматурой, установленной на водоразборном и циркуляционном стояках; *в* – с секционными узлами с циркуляционным стояком; *г* – с секционными узлами с циркуляционно-водоразборным стояком; *д* – с верхней разводкой; 1 – разводящие магистрали; 2 – циркуляционные магистрали; 3 – подающие стояки; 4 – циркуляционные стояки; 5 – полотенцесушители; 6 – арматура; 7 – перемычки; 8 – главный стояк; 9 – подводки

## Центральные тепловые пункты (ЦТП)

### 14.1 Назначение и функции ЦТП

В системе центрального теплоснабжения теплораспределительные станции предназначены для размещения оборудования, арматуры, приборов контроля, управления, автоматизации, посредством которых осуществляется распределения теплоносителя по системам потребления теплоты, подогревов и подача горячей воды для горячего теплоснабжения.

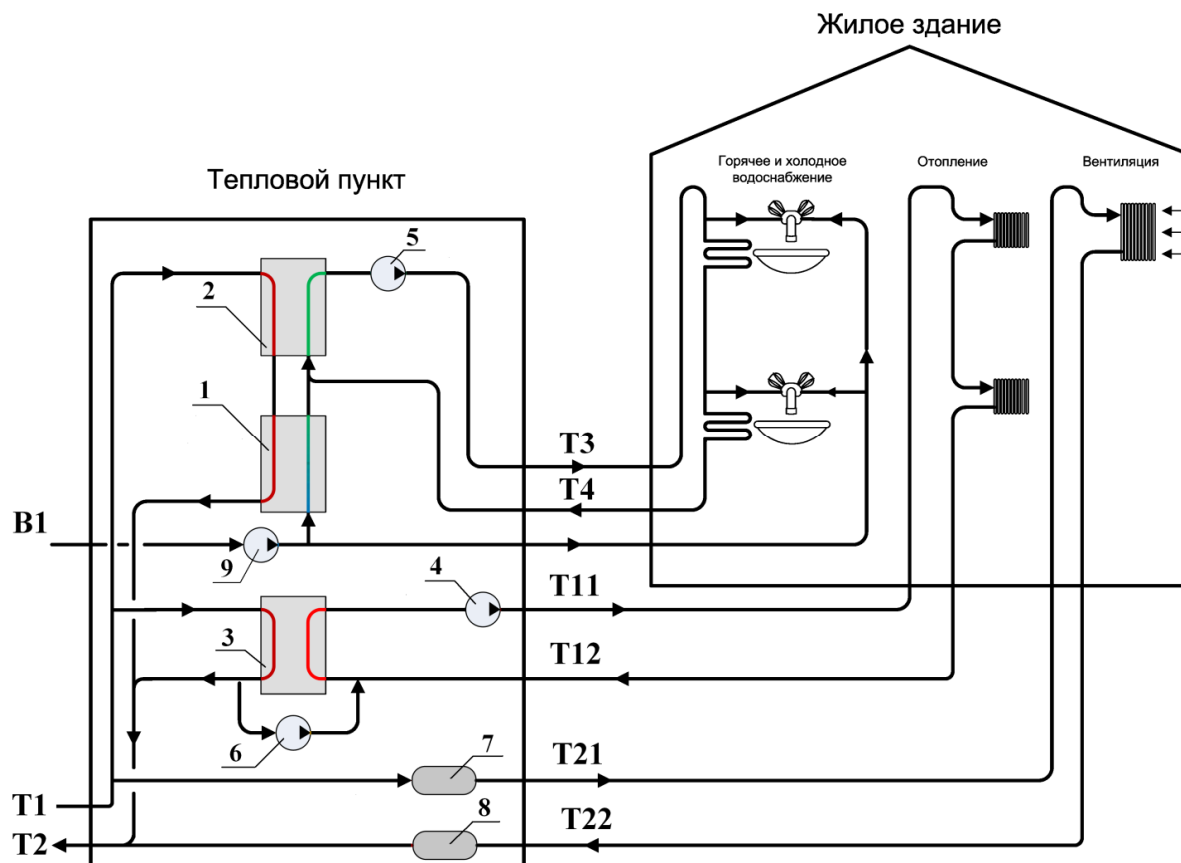


Рис. 14. 1 – Схема трубопроводов от ЦТП к зданию:

*T1, T2 – подводящий и обратный трубопроводы тепловых сетей;*

*V1 – водопровод;*

*T3, T4 – подающий и обратный трубопроводы ГВС;*

*T11, T12 – подающий и обратный трубопроводы отопления;*

*T21, T22 – подающий и обратный трубопроводы в систему вентиляции.*

*1 – теплообменник первой ступени ГВС;*

*2 – теплообменник второй ступени ГВС;*

*3 – теплообменник системы отопления;*

*4 – циркуляционный насос отопления;*

*5 – циркуляционный насос ГВС;*

*6 – подпиточный насос системы отопления;*

*7, 8 – системы регулирования и защиты;*

*9 – насос холодного водоснабжения.*

### *Основные функции ЦТП*

- Регулирование расхода теплоносителя.
  - Контроль параметров теплоносителя и горячей воды, учёт топливно-энергетических ресурсов.
  - Защита местных систем потребления теплоты (внутридомовых систем управления) от аварийного повышения параметров теплоносителя.
  - Подача горячей воды.
  - Подача холодной воды.
  - Обработка воды для нужд горячего водоснабжения и контроль его качества при использовании пара на нагрев воды с помощью пароводонагревателей.
  - Заполнение, подпитка систем отопления с независимым присоединением, работа сетевых насосов.
  - Аккумулирование теплоты с горячей водой (работа с резервуарами).
- ЦТП в зависимости от её назначения и местных условий может осуществлять все вышеперечисленные функции или только их часть.

### **14.2 Техническая характеристика оборудования ЦТП**

#### *Водоподогреватели*

На ЦТП применяются водоводяные и паровые подогреватели кожухотрубные и пластинчатые.

Скоростные водоподогреватели выпускают с длиной трубок 2000 и 4000 метра. Материал трубок – латунь, диаметр -  $16 \times 1$  мм. Рабочее давление - до 1,0 МПа, рабочая температура – до  $180^{\circ}\text{C}$ . Пластинчатые теплообменники изготавливаются из штампованных листов толщиной 1 мм. Материал – нержавеющая сталь. Благодаря более высокому значению коэффициента теплопередачи поверхность нагрева пластинчатых теплообменников ниже, чем у скоростных в 1,7 - 2,5 раза.

На станциях устанавливают в основном пластинчатые теплообменники, разборные с пластинами поверхностью нагрева 0,3 и 0,6 м<sup>2</sup>, полуразборные с пластинами 0,5 м<sup>2</sup> и неразборные с пластинами 0,1 м<sup>2</sup>.

#### *Насосные установки*

Насосами называются машины, предназначенные для создания потока (перемещения) жидкости.

На ЦТП могут быть установлены следующие группы насосов:

- подпиточные для системы отопления при независимой схеме теплоснабжения (основной, резервный),
- повышающие (основной, резервный),
- смесительные (основной, резервный),
- для системы горячего водоснабжения (основной, резервный),
- для системы холодного водоснабжения (основной, резервный),
- пожарные (основной, резервный),
- дренажные и другие.

Наибольшее распространение на ЦТП получили насосы типа:

К (консольные), которые не сложны по устройству, надёжны в работе и сравнительно просты при обслуживании и ремонте.

Насосы типа К по ОСТ 26-06-2026-86 имеют новое обозначение К 80-50-200-С-УКЛ4

К – тип насоса (горизонтальный консольный)

80 – диаметр входного патрубка, мм.

50 – диаметр нагнетательного патрубка, мм.

200 – диаметр рабочего колеса, мм.

С – условное обозначение сальникового уплотнения

УКЛ – климатическое исполнение

4 – категория размещения

Старое обозначение К 45/55

45 м<sup>3</sup>/час – подача

55 м.вод.ст. – напор

#### *Основные характеристики насосов*

– подача насоса – объём подаваемой насосом жидкости в единицу времени м<sup>3</sup>/час

– напор перекачиваемой жидкости, м.вод.ст.

– диаметр рабочего колеса, мм.

– мощность электродвигателя, кВт

Применяются также насосы типа Д, имеют обозначения: Д 320-70

Д – тип насоса (л двусторонним подводом)

320 м<sup>3</sup>/час – подача

70 м.вод.ст. – напор

#### *Трубопроводы и арматура ЦТП*

ЦТП оборудована на вводе запорной стальной арматурой на подающем и обратном трубопроводах сетевой воды, на трубопроводах пара и конденсата.

На остальных трубопроводах – согласно требованиям "Правил устройства и безопасности эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" – применяются чугунные задвижки.

Коллектор узла управления ЦТП оборудован:

а) задвижками, отделяющими узел управления от наружной тепловой сети;

б) задвижками, установленными на всех подающих и обратных трубопроводах;

в) грязевиками на подающем и обратном трубопроводах;

г) вентилями для выпуска воздуха в верхних точках и дренирование в нижних точках трубопроводов.

Все задвижки и вентили, установленные на ЦТП имеют порядковые номера, соответствующие нумерации их на технологической схеме.

На задвижках и вентилях нанесены указатели направления открытия и закрытия.

Все трубопроводы, по которым проходит теплоноситель, должны иметь тепловую изоляцию, обеспечивающую температуру на поверхности теплоизоляционной конструкции не более 45°С.

Все трубопроводы, проложенные в ЦТП и не имеющие металлической обшивки, должны иметь наружную окраску и надписи согласно правилам Гостехнадзора:

Таблица 14.1

**Окраска и надписи трубопроводов систем теплоснабжения**

Наименование теплоносителя	Условное обозначение	Цвет краски	
		основной	кольца или полосы
Пар насыщенный	П.Н.	красный	желтый
Вода химическая, очищенная	В.Х.	зелёный	белый
Конденсат	В.К.	зелёный	синий
Дренаж и продувка	В.Д.	зелёный	красный
Вода техническая	В.Т.	чёрный	без колец
Подающий теплопровод тепловой сети	П.С.	зелёный	жёлтый
Обратный трубопровод	О.С.	зелёный	коричневый

В качестве прокладочного материала на фланцевых соединениях применяется паронит.

*Грязевики*

Для охлаждения и удаления взвешенных веществ из потока циркулируемой воды в системе отопления и холодной воды, поступающей на ЦТП, установлены грязевики.

*Электродвигатели*

Электродвигатели на ЦТП являются одним из основных видов оборудования. Для их обслуживания установлены шкафы, в которых сосредоточено вспомогательное электротехническое оборудование.

Обслуживанием и ремонтом электродвигателей занимается электротехнический персонал.

*Контрольно-измерительные приборы*

Контрольно-измерительные приборы позволяют обеспечить работу ЦТП, экономически выгодно соблюдать её режим, вести учёт работы систем теплоснабжения и систем горячего водоснабжения.



Показывающие манометры устанавливаются до и после запорной арматуры на вводе в ЦТП тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов, до и после грязевиков, на всасывающем и нагнетательном патрубках, на входящем и выходящем трубопроводах греющей и подогреваемой воды водоподогревателей, до и после запорной арматуры, установленной на подающем и обратном трубопроводах.

Под манометры врезаны штуцера и установлены вентиля и трёхходовые краны.

Показывающие термометры устанавливаются: после запорной арматуры на вводе в ЦТП тепловых сетей на вводе в ЦТП тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов, на входящем и выходящем трубопроводах греющей и подогреваемой воды водоподогревателей, на падающем и обратном трубопроводах на квартал, на трубопроводах горячей и холодной воды.

Для измерения расхода теплоносителя, пара, холодной воды на нужды горячего водоснабжения и собственные нужды установлены расходомеры и водомеры.

### **14.3 Прием в эксплуатацию оборудования ЦТП**

Пуск оборудования должен производиться только после тщательной проверки исправности оборудования.

Перед пуском оборудования необходимо убедиться в отсутствии в опасных местах людей, посторонних предметов и дать предупредительный сигнал.

Перед пуском необходимо заполнить трубопроводы теплоносителем, для чего приоткрывается задвижка, и открываются вентиля для выпуска воздуха в верхних точках на узле управления ЦТП. После удаления воздуха из трубопровода вентиля закрываются.

Перед пуском водоподогревателей необходимо выявить неплотности оборудования и трубопроводов ( трещины, свищи, нарушение вальцовки). Ремонтным персоналом выполняется опрессовка, а химическим персоналом – химический анализ холодной воды или теплоносителя в зависимости от рабочего давления в водопроводе или тепловой сети.

Подогреватели с неплотностями должны немедленно отключаться от тепловой сети. Включают их после устранения дефектов и получения положительного результата проверки на плотность.

Пуск ЦТП в работу производится по специально разработанной инструкции применительно к каждой станции с учётом её особенностей под руководством лица, ответственного за ЦТП.

Пуск подогревателей с рабочим давлением выше 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) выполняют обязательно два человека в следующем порядке:

а) открываются задвижки на входе греющей и нагреваемой воды из теплообменника;

б) медленно одновременно открываются задвижки на входе греющей и нагреваемой воды.

При давлении одного из теплоносителей не выше 0,6 Мпа (6 кгс/см<sup>2</sup>) первыми открывают задвижки теплоносителя с меньшим рабочим давлением, а затем – с большим рабочим давлением.

Водоподогревательная установка оборудована автоматическим регулятором температуры. Для систем горячего водоснабжения температура должна быть в пределах 55-60°С. Нагрев воды свыше 60°С не допускается.

#### *Подготовка к работе и пуск насосного агрегата*

При осмотре насосной установки перед запуском следует проверить:

- а) исправное состояние насосной арматуры на всасывающей и нагревательной линиях и редукторов электроприводных задвижек;
- б) наличие манометров;
- в) заливку подшипников маслом до верхней риски маслоуказателя;
- г) состояние набивки сальниковых уплотнений и степень их затяжки;
- д) надёжность сцепления соединительных муфт и электродвигателя;
- е) прочность крепления соединительного кожуха соединительными муфтами;
- ж) действие системы охлаждения подшипников;
- з) кратковременным пуском проверить правильность вращения.

При пуске насосного агрегата необходимо соблюдать следующую очередность пусковой операции:

- а) открыть задвижку на всасывающем трубопроводе и закрыть на нагнетательном;
- б) включить электродвигатель нажатием пусковой кнопки пускателя;
- в) задвижкой на нагнетательной линии установить необходимый режим.

Продолжительная работа насоса при закрытии задвижка более двух минут не допускается.

После пуска агрегата необходимо убедиться, что насос работает нормально без вибраций и металлического шума.

Проводить какие-либо работы на включённом насосе не разрешается. Пускать оборудование после установки имеет право лишь работник, производивший остановку или принявший по смене его обязанности и предупреждённый о положении дел. Время остановки и причины, а также включения теплоиспользующей установки и оборудования записать в сменном журнале.

#### *Обслуживание оборудования во время работы*

- Следить за работой ЦТП с соблюдением правил безопасности.
- Наблюдать за работой водоподогревательной арматуры, регулятора температуры, КИП, электрооборудования.
- Наблюдать за работой насосных агрегатов.
- Следить за состоянием подшипников. Установившаяся температура не должна превышать 60-70°С.
- Проверять уровень масла в ванне по масломеру.
- Следить за состоянием сальников насоса.

#### **14.4 Остановка оборудования ЦТП**

Остановка пластинчатых водоподогревателей при рабочем давлении выше 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) производится одновременно медленным закрытием (действуют два человека) задвижек на вводе греющей и подогреваемой воды. При давлении одного из теплоносителей не выше 0,6 МПа первыми закрываются задвижки на теплоносителе с большим давлением, а затем задвижки с меньшим рабочим давлением.

Для остановки насоса необходимо:

- а) плавно закрыть задвижку на нагнетательном патрубке насоса,
- б) остановить электродвигатель нажатием на кнопку «Стоп» пускателя.

##### *Аварийная остановка оборудования*

Аварийное отключение ЦТП по отоплению и горячей воде выполняется при ликвидации порывов на магистральных тепловых сетях предприятия КТС, на вводе в ЦТП, на коллекторе управления ЦТП.

Аварийная остановка водоподогревателей выполняется при обнаружении свищей на трубопроводах, фланцевых соединениях, пластинчатых теплообменников (сварных соединениях, уплотнительных прокладок), что может вызвать выход из строя и затопление ЦТП.

Аварийная остановка насосных агрегатов выполняется в следующих случаях:

- а) при появлении вибрации вала и возникновении дребезжащего звука;
- б) в случае повышения температуры подшипников выше установленного предела;
- в) при неисправностях отдельных деталей, которые могут вызвать поломку или аварию насосного агрегата;
- г) при заливке электродвигателя водой.

Электродвигатель аварийно отключают в следующих случаях:

- а) при появлении дыма из двигателя или его пусковой аппаратуры;
- б) при сильной вибрации двигателя;
- в) при недопустимо высоком нагреве подшипников.

##### *Правила безопасности при обслуживании оборудования*

Запрещается работа технического оборудования:

- а) если давление поднимается выше допустимого;
- б) при неисправности манометра и невозможности определить давление другим прибором;
- в) при неисправности предохранительных клапанов;
- г) при неисправности или неполном количестве крепёжных деталей, крышек, люков.

Не допускать загромождение проходов и помещений. Содержать рабочее место в чистоте.

Оператор не должен находиться непосредственно у фланцевых соединений и чугунной арматуры дольше, чем это требуется для снятия показаний приборов или проведения профилактического ремонта оборудования.

Подтяжку сальникового уплотнителя на арматуре можно осуществлять, если имеется зазор между фланцами, втулки и стакана сальникового уплотнения. Во избежание перекоса и поломки втулки гайки подтягивают равномерным поочередным вращением.

Неисправную уплотняющую набивку сальникового устройства заменяют на вентилях (в закрытом положении, когда давление имеется только под клапаном).

Фланцевые соединения трубопроводов можно подтягивать при полном снятии давления в трубопроводе.

Для вращения штурвалов арматуры наружного диаметра разрешается применять специальные ключи – рычаги только для того диаметра арматуры, для которого они предназначены. Запрещается закрывать вентиль или задвижку, ударяя по штурвалу.

Запрещается включать в работу насос:

- а) без предохранительного кожуха муфт;
- б) с неисправностями пускорегулирующей аппаратуры;
- в) с неисправным заземлением корпуса электродвигателя;
- г) с неисправностями трубопроводов, арматуры и корпуса насоса.

Оператор, обслуживающий вращающиеся механизмы, должен быть в спецодежде, застёгивающейся на все пуговицы.

Запрещается становиться на барьеры площадок, предохранительные кожухи муфт, подшипников, также на трубопроводы, конструкции, покрытия, не предназначенные для прохода по ним и не имеющие специальных ограждений и поручней.

При обслуживании находящихся в резерве механизмов оператор должен соблюдать те же меры безопасности, как и при работе.

Оператор должен своевременно вести записи показателей работы оборудования в ведомости, а также записывать в сменном журнале все замеченные отклонения и недостатки работы оборудования.

Лекция 15

## **Индивидуальные тепловые пункты (ИТП)**

### **15.1 Оборудование ИТП**

Комплекс инженерного оборудования, связывающий тепловые сети с потребителями теплоты, предназначенный для приема, подготовки, распределения, регулировки и замера теплоносителя, называется *индивидуальным тепловым пунктом*.

В состав оборудования индивидуального теплового пункта входят: трубы; насосы; грязевики; арматура; контрольно-измерительные приборы: термометры, манометры, регуляторы, счетчики.

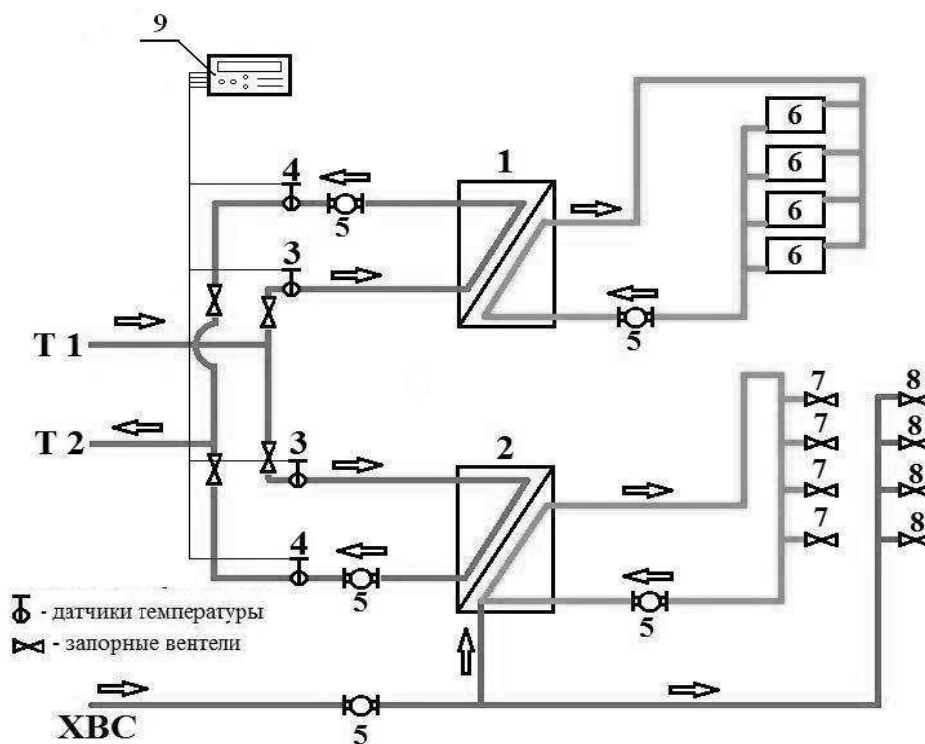


Рис. 15.1 – Рабочая схема ИТП:

- Т1, Т2 – подающий и обратный трубопровод теплосети;*  
*ХВС – подача холодной воды для нужд холодного и горячего водоснабжения;*  
*1 – Пластинчатый теплообменник системы отопления;*  
*2 – Пластинчатый теплообменник системы ГВС;*  
*3 – температурный датчик подающего теплоносителя;*  
*4 – температурный датчик обратного теплоносителя;*  
*5 – циркуляционный насос системы отопления;*  
*6 – радиатор системы отопления;*  
*7 – вентили потребления ГВС;*  
*8 – вентили потребления ХВС;*  
*9 – счётчик тепловой энергии.*

Демонтаж грязевиков и элеваторов ведут в такой последовательности: отсоединяют приборы от трубопровода с разборкой фланцевого или резьбового соединения, снимают прибор, удаляют прокладки и очищают места соединения от наростов и грязи. Элеваторный узел демонтируют путем отсоединения его от трубопроводов и снятия его с разборкой креплений.

Демонтаж насоса со снятием его с места выполняют так: отсоединяют насос от трубопровода и электросети.

Разметку труб в монтажных условиях производят, пользуясь измерительным и разметочным инструментом.

Соединение труб на фланцах используют для разъемного соединения участков трубопроводов, труб с фланцевой арматурой и для подключения трубопроводов к различному инженерному оборудованию.

При соединении стальных труб с помощью сварки выполняют: разметку, резку, очистку, правку соединяемых участков (если в этом есть необходимость), подготовку кромок, установку деталей в монтажное положение.

Арматуру испытывают на прочность и герметичность гидравлическим давлением  $1,5 P_u$  ( $P_u$  – условное избыточное давление, которое может выдерживать арматура в условиях эксплуатации), при этом падение давления не допускается.

Испытание арматуры на плотность (герметичность) запорного устройства проводят так же, как и испытание на прочность, но при закрытом запорном органе.

Для испытаний используют специальные приспособления, ванны, стенды. После монтажа производят испытание трубопроводов.

Монтаж изоляции начинают после проведения гидравлических испытаний. Перед теплоизоляционными работами металлические поверхности, подлежащие теплоизоляции, должны быть тщательно очищены от пыли, грязи и высушены. Необходимо следить, чтобы основной теплоизоляционный слой плотно прилегал к изолируемой поверхности. Поверхность основного слоя должна быть ровной, без вмятин.

Все работы производятся квалифицированными рабочими в количестве двух, трех человек.

## **15.2 Требования к тепловым пунктам**

Тепловые пункты потребителей должны располагаться в отдельных изолированных сухих помещениях, легко доступных для обслуживающего персонала.

Габариты помещений тепловых пунктов должны обеспечивать возможность нормального обслуживания расположенного в них оборудования и трубопроводов. Ширина прохода в свету должна быть не менее 1 м, высота помещений – не менее 2 м. Двери должны открываться наружу (в сторону выхода). Тепловые пункты потребителей пара при длине помещений более 12 м должны иметь не менее двух выходов.

Помещения тепловых пунктов, в которых нет постоянного дежурного персонала, должны быть заперты на замок; ключи от помещений должны находиться в точно установленных местах. Доступ в помещения тепловых пунктов лиц, не имеющих отношения к обслуживанию и ремонту расположенного в них оборудования, запрещается.

Ответственность за состояние оборудования и помещений теплового пункта, обеспечивающее условия безопасной работы персонала, несет потребитель.

Непосредственное обслуживание оборудования тепловых пунктов потребителей (включение, отключение, регулирование, ремонт и т.п.) должно осуществляться персоналом потребителя.

Контроль за работой оборудования тепловых пунктов и систем потребителей осуществляется энергоснабжающей организацией.

Монтаж оборудования тепловых пунктов должен производиться по проекту. При этом необходимо, чтобы:

а) расположение запорной арматуры обеспечивало свободную работу ключом на фланцевых соединениях;

б) расположение контрольно-измерительных приборов было удобным для снятия показаний;

в) расположение насосов не затрудняло обслуживания другого оборудования (задвижек, элеваторов и т.п.);

г) электродвигатели и щитки электропитания имели надежное заземление;

д) была предусмотрена простейшая механизация (тали с креплением к перекрытию помещения теплового пункта и т.п.) для снятия и установки отдельных элементов оборудования и трубопроводов;

е) для обслуживания оборудования и трубопроводов на высоте более 2,5 м были площадки с перилами и постоянными лестницами.

Все горячие поверхности трубопроводов и оборудования теплового пункта должны быть изолированы и окрашены.

Все соединения трубопроводов и оборудования теплового пункта с канализацией должны выполняться с разрывом (через раковину, воронку или приямок).

Отключать, включать и переключать местные системы в периоды пуска и остановки или в процессе нормальной эксплуатации следует постепенно и медленно, действуя попеременно задвижками на подающей и обратной линиях теплопровода. При этом необходимо непрерывно следить за тем, чтобы давление в системе ни при каких обстоятельствах не опускалось ниже статического для данной системы и не поднималось выше допустимого.

При отсутствии опасности снижения давления в системе ниже статического или повышения давления в ней выше допустимого отключение и включение системы могут производиться поочередным закрытием или открытием задвижек. В этом случае отключение системы производят поочередным закрытием задвижек, начиная с подающей линии, а включение системы – наоборот – с открывания задвижки на обратной линии.

Текущие ремонтные работы на тепловых пунктах потребителей должны производиться, как правило, при температуре теплоносителя во внешней тепловой сети не выше 75°C. Отключение оборудования при этом может производиться только головными задвижками на тепловом пункте потребителя.

При температуре теплоносителя во внешней тепловой сети выше 75°C ремонт и смена оборудования на тепловом пункте должны производиться при условии предварительного отключения системы как головными задвижками на тепловом пункте, так и задвижками на ответвлении к потребителю (в ближайшей тепловой камере). Отключение производится персоналом энергоснабжающей организации.

При неплотности отключающей арматуры к ремонту оборудования теплового пункта можно приступать только после установки заглушек.

Затяжку болтов фланцевых соединений и подтяжку сальниковых уплотнений арматуры следует производить медленно и равномерно по контуру, с тем, чтобы избежать создания напряжений в чугунных деталях и их повреждения. Резьбы болтов фланцевых соединений и сальников должны регулярно смазываться графитом, разведенным в масле.

При смене конуса элеватора слесарь, выполняющий эту работу, обязан снять болты на двух ближайших фланцах и вставку перед элеватором. Вынимать конус путем оттягивания участков трубы перед элеватором во избежание повреждения чугунной арматуры запрещается.

Обслуживающий персонал при обращении с ртутными приборами должен помнить, что небольшое количество пролитой ртути в помещении теплового пункта вредно отражается на здоровье людей.

Обслуживающий персонал не должен находиться непосредственно у фланцевых соединений и чугунной арматуры дольше, чем это требуется для снятия показания приборов или проведения профилактического ремонта оборудования.

Для водяных систем потребителей с температурой воды в системе выше 100 °С давление в верхних точках системы должно быть выше давления, необходимого для предотвращения вскипания воды, не менее чем на 0,2-0,3 кг/см<sup>2</sup>. Оборудование теплового пункта должно ежегодно проходить ремонт. Объем и время проведения ремонта должны быть согласованы с энергоснабжающей организацией.

Тепловые пункты потребителей пара, оборудованные автоматическими регуляторами давления (редукторами), должны быть оборудованы также предохранительными клапанами со стороны дросселированного пара (после редуктора).

При включении теплового пункта и систем, питаемых паром, должны быть предварительно открыты соответствующие пусковые дренажи и произведен прогрев трубопроводов и оборудования. Скорость прогрева должна быть такой, чтобы исключалась возможность возникновения гидравлических ударов.

Лекция 16

## **Учет тепловой энергии в системах теплоснабжения**

Процесс энергосбережения в зданиях необходимо начинать с энергетического обследования, выполнять который должны опытные и хорошо оснащенные энергодиагностическим оборудованием специалисты-профессионалы. В настоящее время внедрение системы энергетического менеджмента в зданиях является необходимым.

Что подразумевается под термином "энергомеджмент"? Это постоянно действующая система анализа и управления энергопотреблением здания с целью оптимизации затрат на энергоресурсы. Без системы энергетического ме-



недждмента невозможно говорить об оптимизации потребления энергоресурсов и о внедрении каких-либо энергосберегающих мероприятий.

Энергетический менеджмент условно состоит из следующих составляющих:

Первая составляющая - это обученный, подготовленный персонал - энергоменеджер здания. Для этого в Киеве и Харькове есть центры подготовки энергоменеджеров.

Вторая составляющая - это система учёта потребления энергоресурсов.

Третья составляющая - это система анализа энергопотребления и внедрения энергосберегающих мероприятий.

Главная задача энергетического менеджмента на начальном этапе - создание карты (баланса) энергопотребления. Далее систему энергетического менеджмента нужно рассматривать как цикл, состоящий из следующих этапов:

*Первый этап-*

- мониторинг энергопотребления с помощью системы учёта;
- регистрация базовой линии энергопотребления.

*Второй этап -*

- анализ фактического энергопотребления.

*Третий этап -*

• разработка мероприятий по снижению энергопотребления и затрат на энергоресурсы (мероприятия разрабатываются специалистами-энергоменеджерами).

- бизнес-планирование мероприятий;
- поиск источников финансирования;
- определение состава оборудования и исполнителей.

*Четвертый этап-*

- внедрение запланированных мероприятий.

Основная задача состоит в том, что бы цикличность энергетического менеджмента не прерывалась.

Только при постоянно функционирующей системе энергоменеджмента можно будет получить желаемые результаты.

Без системы энергоменеджмента здания будут иметь неоправданные затраты на излишне потреблённые энергоресурсы.

Последствия этого:

- превышение бюджета на содержание здания;
- снижение комфортности;
- снижение производительности труда работников и учащихся.

При внедрении инвестиционных проектов наличие энергетического менеджмента позволяет отслеживать процесс работы инвестиций.

Начало энергоэффективности - это детальный энергоаудит с последующим внедрением энергетического менеджмента в полном объеме. Только после этого финансирующие организации будут охотно участвовать в инвестиционных энергоэффективных проектах.

Энергосбережение – это проблема, обусловленная возрастанием стоимости и дефицитности отдельных видов сырья, материалов, топлива.

Только строгий учет и контроль расходования энергии могут обеспечить эффективную экономию. Без учета другие мероприятия, направленные на энергосбережение, не дадут желаемых результатов.

Согласно Закону Украины “Про энергосбережение”, утвержденному постановлением КМ Украины от 8.10.92 г., и Постановлению КМ Украины от 27.11.95 г. № 947 “О программе поэтапного оснащения наличного фонда устройствами учета и регулирования потребления воды и тепловой энергии на 1996 – 2000 гг.” установка счётчиков тепловой энергии является одним из необходимых условий выполнения программы энергосбережения.

Учет тепловой энергии может быть осуществлен путем установки прибора учета тепловой энергии в тепловом пункте здания.

Установка приборов учета тепловой энергии приводит к снижению потребления тепловой энергии, т.к. потребитель может снижать потребление энергии за счет регулирования. Кроме того, установка счетчика позволяет получить точную картину потребления тепла и сократить расходы за его оплату.

### 16.1 Размещение узлов учета тепловой энергии в тепловых пунктах

Современные ИТП и ЦТП должны быть оборудованы узлами учета тепловой энергии. Наличие счетчика тепла позволяет рассчитываться за реально потребленное количество тепла.

Системы горячего водоснабжения и вентиляции подключаются, как правило, через теплообменники. Распространенные зависимые схемы соединения систем отопления через элеватор не имеют возможности оперативной регулировки.

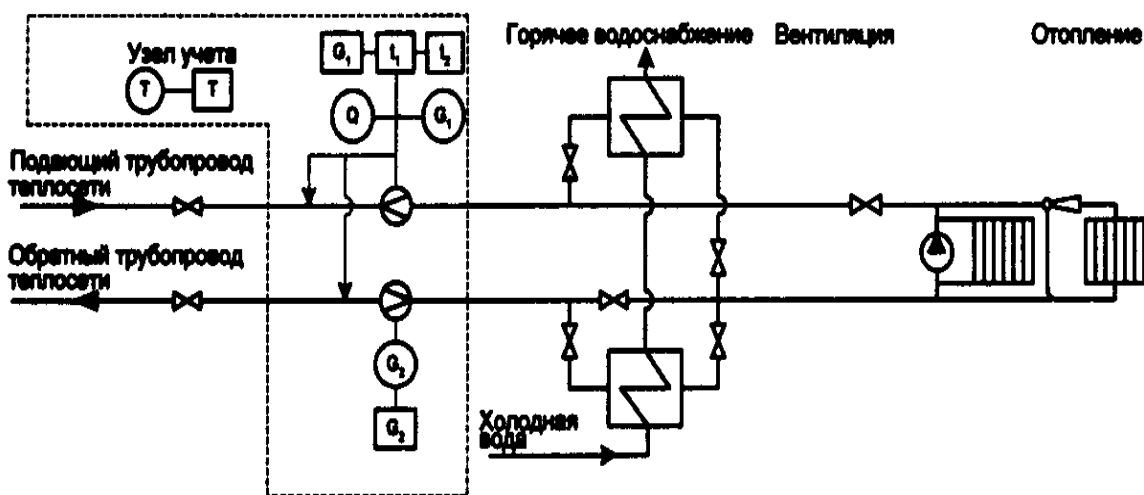


Рис. 13.1 – Схема ИТП с зависимым подключением системы отопления

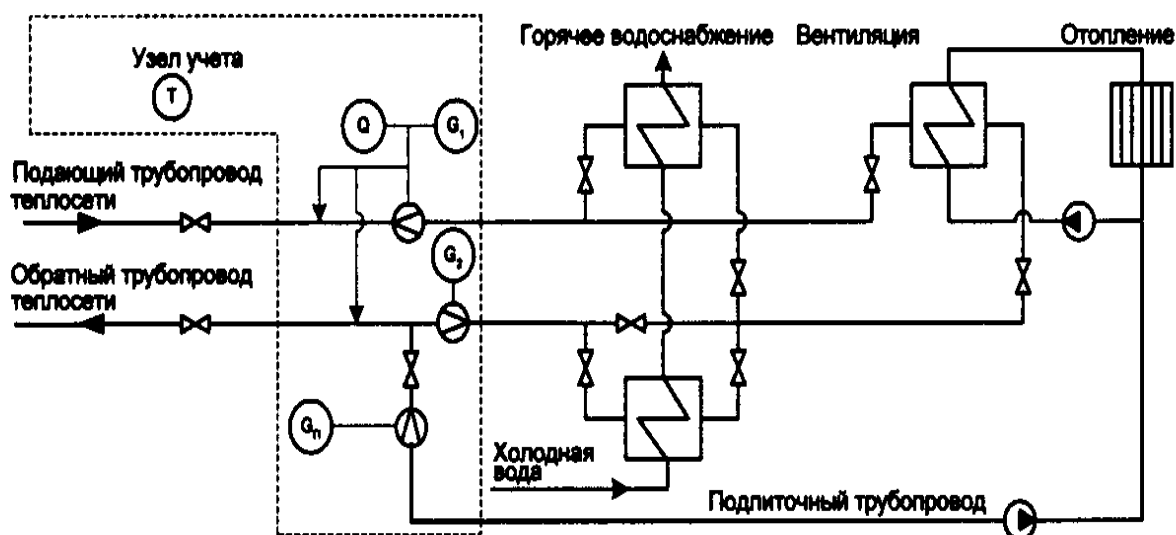


Рис. 13.2 – Схема ИТП с независимым подключением системы отопления

## 16.2 Счетчики тепла

Счетчик тепла – это прибор для коммерческого учета потребляемой тепловой энергии в системах теплоснабжения. В зависимости от потребности, может использоваться в индивидуальных домах, на промышленных бытовых и других объектах.

Основные комплектующие элементы счетчика тепла:

- 1) микропроцессорный интегратор, вычисляющий тепловую энергию на основании измеренных величин.
- 2) расходомер;
- 3) пара температурных датчиков.

Теплосчетчик измеряет, вычисляет и фиксирует следующие параметры системы теплоснабжения:

- 1) расход теплоносителя в трубопроводах в т/час;
- 2) суммарное потребление тепловой энергии в МВт и Гкал;
- 3) температуру теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе;
- 4) разность температур в трубопроводах;
- 5) среднечасовые и среднесуточные значения параметров теплоносителя;
- 6) календарь с указанием года, месяца, числа, часа, минут и секунд.

На Украине широко представлены различные виды теплосчетчиков. Самые распространенные – это турбинные, ультразвуковые и электромагнитные теплосчетчики. Счетчик тепла может устанавливаться перед или за теплообменником, на подающем или обратном трубопроводе системы теплоснабжения.

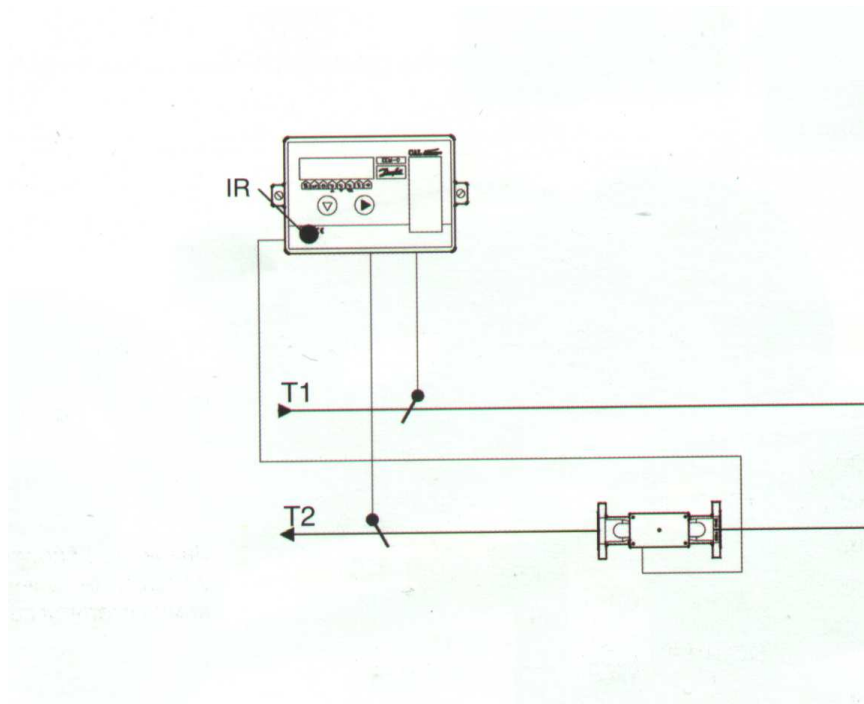


Рис. 16.3 – Схема установки тепловычислителя, расходомера и датчиков температуры

### ***Турбинные теплосчетчики***

В Харькове наиболее распространены турбинные теплосчетчики SUPERCAL, которые легализованы на Украине и отвечают международным требованиям. Теплосчетчики состоят из интегратора SUPERCAL, турбинного водомера и датчиков температуры. Номинальные диаметры: 15 – 250 мм, расходы воды: 0,6 – 400 м<sup>3</sup>/час. Дополнительно рекомендуется устанавливать перед водомером сетчатый фильтр, а перед и за водомером – запорные краны.

### ***Ультразвуковые теплосчетчики***

Ультразвуковые теплосчетчики SONOCAL разработаны для точных измерений в тепловых системах диаметром от 15 до 1200 мм, для расходов воды от 18 до 3000 м<sup>3</sup>/час. Ультразвуковые расходомеры SONOFLO не нарушают поток теплоносителя и обеспечивают надежность и точность измерений расхода, не зависят от качества воды и ее проводимости. Отсутствие подвижных частей означает отсутствие затрат на техническое обслуживание. Полностью автоматизированный процесс исключает риск ошибок оператора.

### ***Электромагнитные теплосчетчики***

Электромагнитные теплосчетчики СА – 97 предназначены для измерения тепловых параметров в системах теплоснабжения. Номинальные диаметры: 15 – 400 мм. Диапазон измеряемых расходов: 0,01 – 4000 м<sup>3</sup>/час. В приборе использован ультразвуковой датчик расхода, не имеющий подвижных частей, что обеспечивает максимальный срок службы. Теплосчетчик соответствует правилам учета тепла и внесен в Госреестр Украины.

### **16.3 Установка узла учета тепловой энергии**

Поскольку стоимость приборов узла учета тепла и их монтаж достаточно высоки, необходимо обратить внимание на надежность установленных дверей, дверных замков, рекомендуется устройство внутренней сигнализации (для предотвращения возможного хищения приборов учета тепла).

Соединение приборов и арматуры узла учета – фланцевое, резьбовое. Для установки датчиков температуры необходимо на подающем и обратном трубопроводе, за грязевиком, вварить закладную деталь под углом 90 градусов.

Смонтированные приборы и арматуру узла учета перед установкой на трубопроводе ИТП необходимо промыть водой.

Электронный вычислитель устанавливается на стене в удобном доступном месте.

Приборы узла учета тепла, фильтр, шаровые краны имеют заводское антикоррозионное покрытие либо выполнены из сплавов стойких от коррозии.

При теплоизоляции узла учета тепла использовать шнур теплоизоляционный из минеральной ваты в оплетке из нитки стеклянной, толщина слоя теплоизоляции - 40 мм.

Защитное покрытие - стеклопластик рулонный. Трубопроводы перед теплоизоляцией покрыть антикоррозионным покрытием.

Обратить внимание на качественное выполнение теплоизоляции на участках трубопроводов (подающего и обратного), где установлены датчики температуры, чтобы избежать погрешностей измерения.

Работа по оборудованию узла учета тепла осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами, а также техническим паспортом прибора учета тепловой энергии.

После монтажа, испытания и наладки оборудования, узел учета должен быть сдан теплоснабжающей организации и предъявляется ей ежегодно до начала отопительного периода.

Срок эксплуатации узла коммерческого учета тепловой энергии определяется сроком, указанным в техдокументации завода-изготовителя теплосчетчика и результатами периодической госпроверки (аттестации).

Водомер, термопреобразователи сопротивления и тепловычислитель должны иметь оттиски действующих клейм о госпроверке территориального органа Госстандарта Украины или завода-изготовителя (при выпуске из производства), а так же пломбы завода-изготовителя и теплосбытовой организации согласно паспорту теплосчетчика.

Узел учета принимается в эксплуатацию при наличии следующих документов:

- заводского паспорта теплосчетчика с наличием действующих клейм о государственной приемке;

- согласованием с энергоснабжающей организацией проекта установки теплосчетчика на предмет его соответствия "Правилам учета отпуска тепловой энергии" и протокола о порядке и сроках расчетов по показаниям расчетных устройств теплосчетчика;

- технического описания и инструкции по эксплуатации прибора учета тепловой энергии;
- акта приемки установленной формы;
- наличие журнала учета параметров.

Прием узла учета производится поставщиком тепловой энергии совместно с территориальным органом Госстандарта (для Харьковской области - ХЦСМС); по результатам приемки составляется совместный акт и при положительных результатах приемки поставщиком в присутствии госповерителя (или госповерителем в присутствии поставщика) пломбируется тепловычислитель и термопреобразователи сопротивления.

Лекция 17

## **Гидравлический режим тепловых сетей**

Схема тепловой сети определяется размещением источников тепла по отношению к району потребления, характером тепловой нагрузки и видом теплоносителя.

Удельная протяженность паровых сетей на единицу расчетной тепловой нагрузки невелика, поскольку потребители пара – как правило, промышленные потребители – находятся на небольшом расстоянии от источника тепла.

Более сложной задачей является выбор схемы водяных тепловых сетей вследствие большой протяженности, большого количества абонентов. Водяные ТС менее долговечны, чем паровые вследствие большей коррозии, больше чувствительны к авариям из-за большой плотности воды.

Водяные сети разделяют на магистральные и распределительные. По магистральным сетям теплоноситель подается от источников тепла в районы потребления. По распределительным сетям вода подается на тепловые пункты и к абонентам. Непосредственно к магистральным сетям абоненты присоединяются очень редко. В узлах присоединения распределительных сетей к магистральным устанавливаются секционирующие камеры с задвижками. Секционирующие задвижки на магистральных сетях обычно устанавливаются через 2-3 км. Благодаря установке секционирующих задвижек уменьшаются потери воды при авариях ТС. Распределительные и магистральные ТС с диаметром меньше 700 мм делаются обычно тупиковыми. В случае аварий для большей части территории страны допустим перерыв в теплоснабжении зданий до 24 часов. Если же перерыв в теплоснабжении недопустим, необходимо предусматривать дублирование или закольцовку ТС.

При теплоснабжении крупных городов от нескольких ТЭЦ целесообразно предусмотреть взаимную блокировку ТЭЦ путем соединения их магистралей блокировочными связями. В этом случае получается кольцевая тепловая сеть с несколькими источниками питания. Подобная схема имеет более высокую надежность, обеспечивает передачу резервирующих потоков воды при аварии на каком-либо участке сети. При диаметрах магистралей, отходящих от источника тепла 700 мм и менее, обычно применяют радиальную схему тепловой сети с

постепенным уменьшением диаметра трубы по мере удаления от источника и снижения присоединенной нагрузки. Такая сеть наиболее дешевая, но при аварии теплоснабжение абонентов прекращается.

### 17.1 Гидравлический расчет тепловых сетей

В задачу гидравлического расчета входят:

- определение диаметра трубопроводов;
- определение падения давления (напора);
- определение давлений (напоров) в различных точках сети;
- увязка всех точек сети при статическом и динамическом режимах с целью обеспечения допустимых давлений и требуемых напоров в сети и абонентских системах.

По результатам гидравлического расчета можно решить следующие задачи.

1. Определение капитальных затрат, расхода металла (труб) и основного объема работ по прокладке тепловой сети.
2. Определение характеристик циркуляционных и подпиточных насосов.
3. Определение условий работы тепловой сети и выбора схем присоединения абонентов.
4. Выбор автоматики для тепловой сети и абонентов.
5. Разработка режимов эксплуатации.

В городах и населенных пунктах тепловая сеть должна прокладываться в отведенных для инженерных сетей технических полосах параллельно красным линиям улиц, дорогам и проездам, вне проезжей части и в зоне зеленых насаждений. При этом необходимо выдерживать нормативные расстояния от строительных конструкций тепловой сети до зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. После разработки трассы тепловой сети составляется расчетная схема тепловой сети и разбивка ее на расчетные участки. На схеме должны быть показаны источник тепла и тепловой пункт. Нумерацию следует начинать с самого удаленного от источника тепла теплового пункта. Для каждого из расчетных участков должна быть проставлена длина и расчетный расход теплоносителя.

При гидравлическом расчете тепловых сетей определяются потери давления на участках трубопроводов для последующей разработки гидравлического режима и выявления располагаемых напоров на тепловых пунктах потребителей. При гидравлическом расчете трубопроводов определяют суммарный расчетный расход сетевой воды, складывающийся из расчетных расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Перед гидравлическим расчетом составляют расчетную схему тепловой сети с нанесением на ней длин и диаметров трубопроводов, местных сопротивлений и расчетных расходов теплоносителя по всем участкам сети.

Потери давления на участке трубопровода, складываются из линейных потерь (на трение) и потерь в местных сопротивлениях:

$$\Delta H = \Delta H_{л} + \Delta H_{м}, \text{ м}$$

Линейные потери пропорциональны длине труб и равны:

$$\Delta H_{л} = \beta \cdot R \cdot l, \text{ м}$$

где  $R$  – удельные потери давления на трение, кгс/м<sup>2</sup>;

$l$  – длина трубопровода;

$\beta$  – коэффициент шероховатости, (для новых труб  $\beta = 1$ ).

Диаметры каждого участка подбираются так, чтобы удельные потери напора  $R$  были в пределах 30 – 80 Па/м или (3 – 8 мм/п.м).

Потери напора в местных сопротивлениях определяются в зависимости от суммы коэффициентов сопротивлений  $\Sigma \xi$ , и скорости воды, м/с.

Вначале производится поверочный расчет. Для концевых участков следует проверить режим движения. Если окажется, что режим движения переходный, то, если есть возможность, нужно уменьшить диаметр трубы. Если это невозможно, то нужно вести расчет по формулам переходного режима.

Уточняются типы местных сопротивлений и их эквивалентные длины. Задвижки устанавливаются на выходе и входе коллектора, в местах присоединения распределительных сетей к магистральным, ответвлений к потребителю и у потребителей. Если длина ответвления менее 25 м, то допускается устанавливать задвижку только у потребителя. Кроме задвижек возможны и другие местные сопротивления – повороты, изменения сечения, тройники, слияние и разветвление потока и т.д.

Для определения количества температурных компенсаторов длины участков делятся на допустимое расстояние между неподвижными опорами. Результат округляется до ближайшего целого числа. Если на участке есть повороты, то они могут быть использованы для самокомпенсации температурных удлинений. При этом количество компенсаторов уменьшается на число поворотов.

При окончательном гидравлическом расчете учитываются фактические эквивалентные длины эквивалент сопротивлений, которых определяется по монтажной схеме. Разработка монтажной схемы заключается в расстановке запорной арматуры, теплофикационных камер, неподвижных опор и компенсаторов. Запорная арматура устанавливается:

- На выходе тепловой сети из источника тепла (ТЭЦ);
- В узлах разветвлений на трубопроводах ответвлений.
- Кроме основной запорной арматуры предусматривается установка секционирующих задвижек, расстояние между которыми принимаются при  $D_y$  больше 100 мм. не менее 1000 м., а при  $D_y$  больше 400 мм. не менее 1500 м. Перед секционирующими задвижками, по ходу теплоносителя, между подающим и обратным трубопроводами, устанавливается перемычка  $d=0,3D_y$ .

Неподвижные опоры устанавливаются по всей длине трубопровода и в узлах разветвлений трубопроводов, на трубопроводах большего диаметра.



Предельно допустимые расстояния между неподвижными опорами принимаются в соответствии с данными таблицы:

Таблица 17.1

$D_y$ (мм)	32	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500
$l_{пр}$ (м)	50	60	60	80	80	90	100	120	120	120	140	160	180

В качестве неподвижных опор при прокладке в непроходных каналах и бесканальной прокладке применяется щитовые неподвижные опоры. В теплофикационных камерах так же применяются щитовые неподвижные опоры.

В случае поворота трассы под углом не более  $130^\circ$ , он может быть использован для целей самокомпенсации деформаций. Более тупой угол закрепляется неподвижной опорой. Длина плеч участков самокомпенсации не должна превышать 60% от приведенной длины.

## 17.2 Построение пьезометрического графика

По окончании гидравлического расчета строится пьезометрический график.

На пьезометрическом графике в масштабе нанесены рельеф местности, высота присоединенных зданий, напор в сети. По этому графику легко определить напор и располагаемый напор в любой точке сети и абонентских системах.

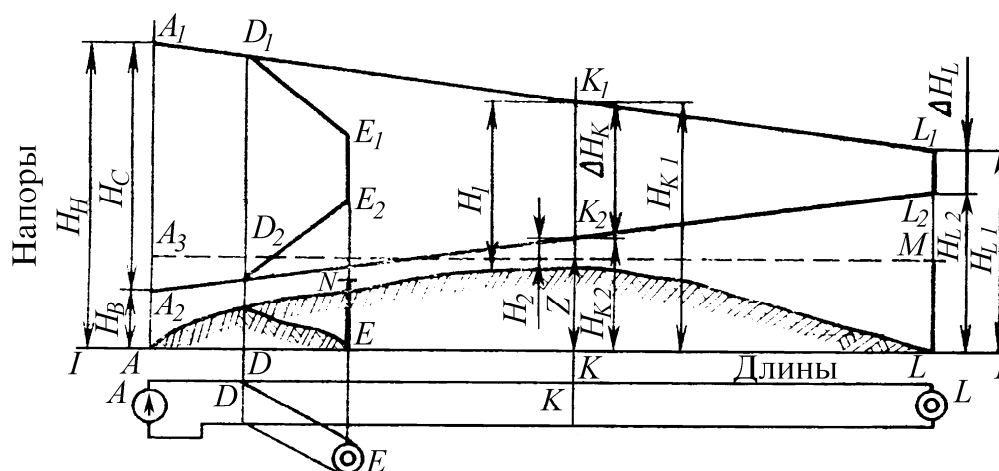


Рис. 17.1 – Пьезометрический график двухтрубной тепловой сети

По горизонтальной оси нанесены длины отдельных участков сети, показано взаимное расположение по горизонтали характерных потребителей теплоты.

Все отсчеты напоров производят от уровня  $I-I$ , соответствующего обычно отметке оси сетевых насосов, принимаемых за геодезическую отметку 0.

Под графиком показана принципиальная схема тепловой сети, для которой ведут построения. Точка  $A$  характеризует месторасположение сетевого насоса, точка  $L$  соответствует расположению последнего потребителя теплоты, высота отопительной системы которого равна в вертикальном масштабе отрез-

ку  $LM$ . Потребитель теплоты удален от сетевого насоса на расстояние, равное в горизонтальном масштабе отрезку  $AL$  в метрах.

В точке  $D$  имеется ответвление к потребителю  $E$ ; высота отопительной системы потребителя характеризуется отрезком  $EN$  в вертикальном масштабе. Насос в точке  $A$  создает напор в подающей магистрали  $H_H$ , напор в обратной магистрали  $H_B$ . Разность напоров  $H_H - H_B = H_C$  называется напором, развиваемым сетевым насосом. Изменение напоров в подающей магистрали на графике показано наклонной линией  $A_1H_1$ . Превышение точки  $A_1$  над  $L_1$  представляет собой потери напора в подающем теплопроводе от точки  $A$  до точки  $L$ .

Потери напора определяются гидравлическим расчетом и составляют в подающем теплопроводе  $\Delta H_1 = H_H - H_{L_1}$  и в обратном теплопроводе  $\Delta H_2 = H_{L_2} - H_B$ , м. Линия  $A_2L_2$  показывает характер изменения напоров в обратной магистрали. Изменение напоров в теплопроводах ответвления показано линиями  $D_1E_1$  и  $D_2E_2$ .

Разность напоров в подающем и обратном теплопроводах называется располагаемым напором в точке сети.

Напор в подающем теплопроводе в точке  $K$ :

$$H_1 = H_{K_1} - Z, \text{ м,}$$

где  $Z$  - геодезическая высота трубопровода в точке  $K$ , м.

Напор в обратном теплопроводе:

$$H_2 = H_{K_2} - Z, \text{ м.}$$

Располагаемый напор в точке  $K$ :

$$\Delta H_K = H_1 - H_2 = (H_{K_1} - Z) - (H_{K_2} - Z) = H_{K_1} - H_{K_2}, \text{ м}$$

По аналогии с формулой (5.32) располагаемый напор в точке  $L$  равен:

$$\Delta H_L = H_{L_1} - H_{L_2}, \text{ м}$$

Изменение напоров в теплопроводах, показанных линиями  $A_1L_1$  и  $L_2A_2$ , соответствует динамическому режиму системы теплоснабжения, т. е. при работающем сетевом насосе и движении теплоносителя. При остановке сетевого насоса и прекращении циркуляции теплоносителя напоры в обеих магистралях уравниваются и устанавливаются по верхней отметке наиболее высокого здания.

На рисунке 17.1 линия  $A_3M$  – линия статического напора.

При построении пьезометрического графика в период проектирования должна соблюдаться следующие условия:

Напоры в присоединенных к сети системах теплопотребителей не должны быть больше допустимых. В отопительных абонентских системах допус-

каемый напор не должен превышать 60 м. Напор 60 м является предельным для обратной магистрали; в подающей магистрали он может быть выше 60 м, так как его всегда можно уменьшить (дресселировать) в пределе до напора в обратной магистрали.

Обеспечение избыточного напора во всех точках сети и абонентских систем для предупреждения подсоса воздуха.

Обеспечение напоров, соответствующих температуре насыщения, в сети для предупреждения вскипания воды. Ни в одной из точек сети напор в подающей магистрали не должен быть ниже статического напора, т. е. пьезометрический график подающей магистрали не должен пересекать линию статического напора.

Минимальный напор перед сетевыми насосами должен быть не менее 5–10 м.

Напор в местных системах потребителей не должен быть ниже статического самих местных систем (статический напор равен высоте системы). В противном случае возможно опорожнение верхней части систем и засасывание воздуха.

В точках присоединения потребителей располагаемые напоры должны соответствовать потерям напора в местных системах при пропуске теплоносителя в расчетных количествах.

#### **Подбор сетевого насоса:**

Насосы подбираются на расход  $G$ , т/ч и напор  $\Delta H$ , м. КПД насосов не должен быть меньше 80% от максимального паспортного КПД.

В закрытых системах теплоснабжения, подсоединенных по зависимой схеме, расход сетевого насоса равен расходу на головном участке сети.

Напор насоса:

$$\Delta H_H = \Delta H_{ТЭЦ} + \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_{аб}, \text{ м,}$$

где  $\Delta H_{ТЭЦ}$  – потери напора на ТЭЦ, м;

$\Delta H_1$  – потери напора в подающем трубопроводе, м;

$\Delta H_2$  – потери напора в обратном трубопроводе, м;

$\Delta H_{аб}$  – потери напора у абонента.

### **17.3 Прием в эксплуатации водяных тепловых сетей**

1. Заполнение, промывка, включение циркуляции, прогрев и другие операции по пуску водяных тепловых сетей должны производиться в соответствии с местной инструкцией, в которой должны быть приведены необходимые меры безопасности персонала пусковой бригады.

2. Скорость наполнения трубопроводов и повышения температуры воды, подаваемой в тепловую сеть, должна выбираться в зависимости от температуры наружного воздуха. Заполнение участков теплопровода, включаемого в действующую сеть, должно производиться через обратную линию.

Повышение температуры в тепловой сети при подогреве трубопроводов должно осуществляться во избежание нарушения плотности фланцевых соеди-

нений и повреждений сварных стыков, постепенно и равномерно со скоростью, не превышающей 30 °С/ч. Заполнение тепловой сети водой с температурой выше 70°С не допускается.

3. Заполнение наружных теплопроводов должно производиться при отключенных системах потребителей под давлением, не превышающим статическое давление заполняемой части тепловой сети более чем на 10 м вод.ст.

4. Воздушная арматура должна иметь отводы, направленные вниз в сторону, противоположную рабочему месту наблюдающего.

5. Открывать и закрывать воздушники следует маховиками от руки. Применение для этих целей ключей и других рычажных приспособлений не допускается. Плотность запорной арматуры воздушников и возможность ее открытия и закрытия от руки должны быть проверены до начала заполнения тепловой сети.

6. Промывка трубопроводов тепловых сетей с применением сжатого воздуха (гидропневматическая) должна производиться по наряду под непосредственным руководством начальника или его заместителя в соответствии с программой, утвержденной главным энергетиком (механиком).

Температура воды, используемой для гидропневматической промывки, не должна превышать 40°С.

С разрешения начальника руководство проведением гидропневматической промывки трубопроводов диаметром менее 250 мм может быть поручено мастеру.

7. Гидропневматическая промывка тепловых сетей должна производиться при отключенных системах и тепловых пунктах потребителей. Одновременная гидропневматическая промывка тепловых сетей и систем потребителей не допускается.

8. Давление в тепловой сети при гидропневматической промывке должно быть ниже испытательного давления для соответствующего трубопровода (подающего и обратного) не менее чем на 3-5 кгс/см<sup>2</sup>. За давлением в характерных (узловых) точках промываемой тепловой сети, а также за состоянием трубопроводов и арматуры должно проводиться непрерывное наблюдение. Количество наблюдателей на подземных участках тепловой сети должно быть не менее двух, из которых один должен находиться на поверхности земли и следить за состоянием наблюдателя, находящегося в камере.

Наблюдатель, производящий замеры показаний манометров, должен выходить из камеры после каждого замера (должен находиться в камере только во время замера).

9. До начала гидропневматической промывки трубопроводов допускающий к работам совместно с ответственным руководителем и производителем работ должен проверить состояние намеченного к промывке участка тепловой сети, правильность установки контрольно-измерительной аппаратуры в пунктах наблюдения, положение запорной арматуры на основной магистрали и ответвлениям, наличие и правильность установки заглушек в местах, предусмотренных программой.

10. До начала работ из всех камер промываемого участка тепловой сети должна быть полностью откачана вода и удалены все посторонние предметы.

11. Производство ремонтных работ и каких-либо других работ на участках тепловой сети во время их гидропневматической промывки, а также нахождение вблизи промываемых трубопроводов лиц, не участвующих непосредственно в проведении промывки, запрещается.

12. Дренаж водо-воздушной смеси из промывочных трубопроводов должен быть выведен из камер и тоннелей и отведен в колодцы ливневой или фекальной канализации или в другие водоприемники по согласованию с местными организациями. Места сброса воздушной смеси должны быть ограждены и охраняться от приближения посторонних лиц.

Сбросные трубопроводы на всем протяжении должны быть надежно закреплены. У места сброса воды должна быть подложена плита для предотвращения размыва грунта.

13. Линия подвода сжатого воздуха в промываемый трубопровод тепловой сети должна быть оборудована запорным органом, обратным клапаном и манометрами, установленными до и после запорного органа.

Подвод сжатого воздуха от компрессора осуществляется по стальным трубам или шлангам, испытанным на соответствующее давление.

#### **17.4 Включение и отключение паровых тепловых сетей**

1. Прогрев и пуск паропроводов относятся к опасным работам и должны производиться в соответствии с местной инструкцией по наряду.

Наряд на пуск и прогрев паропровода должен выдаваться ответственному руководителю работ (начальнику пуска) в день согласования заявки с теплоснабжающим цехом.

В тот же день ответственный руководитель работ по пуску паропровода согласовывает порядок прогрева ответвлений с ответственными представителями потребителей.

2. До начала прогрева ответственный работник обязан:

а) проверить состояние и обеспечить полное открытие всей спускной арматуры на участке паропровода, подлежащем пуску;

б) проверить положение всех запорных органов (задвижек и вентилей) на подлежащих прогреву участках паропровода и ответвлениях к потребителям и привести их в состояние (открытия или закрытия), соответствующее программе пуска;

в) проверит состояние оборудования на подлежащих прогреву участках паропровода и ответвлениях от него.

О результатах проверки мастер сообщает ответственному руководителю работ.

3. Перед прогревом паропровода ответственный руководитель работ должен проверить готовность его к прогреву, произвести инструктаж производителей работ и персонала, пусковых бригад, установить место своего пребывания в различные периоды пуска, порядок связи с производителями работ и др.

Порядок и продолжительность прогрева отдельных участков паропроводов должны быть установлены местной инструкцией.

4. Прогрев магистральных паропроводов производится путем подачи пара в паропровод через обводную линию головной задвижки, а при отсутствии обвода - медленным приоткрытием самой задвижки.

Увеличение степени открытия головной задвижки может производиться только после того, как ответственный руководитель работ убедится в нормальном ходе прогрева паропровода.

5. При появлении гидравлических ударов персонал, участвующий в прогреве паропровода, должен немедленно сообщить об этом ответственному руководителю работ.

Ответственный руководитель работ при получении сообщений о гидравлических ударах должен уменьшить подачу пара на прогрев вплоть до полного прекращения прогрева. Возобновление прогрева разрешается только после выявления и устранения причин, вызвавших гидравлические удары в паропроводе. Возобновлять прогрев паропровода до выявления и устранения причин возникновения ударов запрещается.

6. Пусковая бригада должна состоять не менее чем из 3 человек, из которых бригадир - производитель работ - регулирует дренаж конденсата при прогреве, а младший является помощником, выполняет поручения производителя работ и, в части, поддерживает связь с ответственным руководителем работ.

7. В камерах, в которых кроме прогреваемого участка паропровода размещены другие действующие теплопроводы, до начала прогрева должна быть снижена температура окружающего воздуха путем естественной или принудительной вентиляции.

8. Во избежание ожогов персонала при прогреве все дренажные задвижки, вентили и краны на паропроводах должны иметь отводы конденсата и пара в сторону, противоположную рабочему месту лица, дренирующего конденсат.

9. Рабочие, наблюдающие за дренажной арматурой при прогреве паропроводов, не должны отвлекаться от своей основной обязанности (дренаж конденсата) в должности постепенно прикрывать спускную арматуру по мере уменьшения количества конденсата, вытекающего из паропровода.

10. В случае если в процесс прогрева паропровода или при подъеме давления в нем выявится засорение дренажного штуцера, что может быть установлено по уменьшению или прекращению стока конденсата или парения, дренажный штуцер следует продуть путем быстрого закрытия и последующего повторного открытия запорного органа, производя эти операции при необходимости 3-4 раза. Если продуть дренажный штуцер указанным способом не удастся, его следует прочистить проволокой после предварительного снижения давления в паропроводе до  $1 \text{ кгс/см}^2$ .

При отсутствии возможности определения давления в паропроводе очистка дренажного штуцера может производиться только после полного отключения паропровода.

Рабочий, производящий прочистку дренажного штуцера, должен выполнять эту работу в брезентовых рукавицах и расположиться на стороне, проти-

воположной выходу дренируемого конденсата или пара, применяя для прочистки соответственно изогнутую проволоку.

Операция по продувке и прочистке засоренных дренажных штуцеров должна производиться с особой осторожностью.

11. За прогрев ответвлений паропроводов отвечают работники потребителей, фамилии которых должны быть сообщены ответственному руководителю работ до начала прогрева паропроводов потребителя.

12. Подача пара для прогрева ответвлений потребителей производится открыванием разделительной задвижки персоналом, производящим пуск, при обязательном постоянном присутствии у разделительной задвижки представителя потребителя.

13. Увеличение или уменьшение подачи пара на прогрев ответвлений может производиться только по указанию ответственного представителя потребителя.

14. О начале и окончании прогрева каждого отдельного участка паропровода ответственный руководитель работ должен немедленно сообщить ответственному дежурному персоналу теплоснабжающей организации.

15. В случае если во время прогрева паропровода предусматривается его продувка для удаления грязи, сбросные патрубки должны быть выведены из камеры или тоннеля наружу и защищены отбойными щитками. В местах выпуска пара должны быть установлены контрольные посты.

16. При останове паропровода после отключения его головной задвижкой приступить к дренажу пара через спускную арматуру допускается только после естественного снижения давления в паропроводе до  $1 \text{ кгс/см}^2$ .

Все дренажные задвижки, вентили и краны должны оставаться открытыми до следующего прогрева паропровода.

Лекция 18

## **Эксплуатация и ремонт тепловых сетей**

### **18.1 Подземные теплопроводы и камеры**

Обслуживание подземных теплопроводов разрешается производить бригадой слесарей-обходчиков (не менее двух человек). За каждой парой слесарей-обходчиков распоряжением по цеху должен быть закреплен определенный участок тепловой сети с точным указанием границ обслуживания.

До выхода на участок старший обходчик должен ознакомиться со схемой работы тепловых сетей и параметрами теплоносителей. После этого он должен получить разрешение начальника цеха (мастера) на обход оборудования по утвержденному графику.

Слесарь-обходчик должен иметь набор исправного инструмента, спец-одежду и обувь соответственно условиям обслуживания.

Элементы оборудования, арматура и приборы подземных прокладок, требующие периодического осмотра, должны размещаться в специальных камерах

или в нежилых подвальных помещениях, доступных для обслуживающего персонала.

Ширина боковых проходов камер (от выступающих частей арматуры) должна быть в свету не менее 600, высота камер - не менее 2000мм.

Для перехода над или под трубами расстояние в свету от наружной поверхности тепловой изоляции до перекрытия или дна камеры должно быть не менее 700 мм. При устройстве перехода на высоте 800 мм и более камеры должны оборудоваться переходными площадками и лестницами с обеих сторон площадки.

Люки должны иметь надежные запоры и не допускать пропуска через них поверхностных вод.

У открытых люков должны устанавливаться ограждения, оборудованные дорожными сигнальными знаками в соответствии с существующими ГОСТ и "Правилами дорожного движения", а с наступлением темноты и при тумане, кроме того, красными фонарями. При продолжительности работ в камере до 2 ч в качестве ограждений могут быть использованы переносные треноги, устанавливаемые у каждого открытого люка, а при большой продолжительности работ - передвижные деревянные щиты.

При выходе из камер, расположенных в местах возможного проезда транспорта, следует проявлять особую осторожность.

При обслуживании оборудования в камерах необходимо производить естественную или искусственную вентиляцию. Естественная вентиляция производится путем открывания не менее двух люков и установки в них специальных козырьков. Искусственная вентиляция должна производиться при наличии в камерах и туннелях газа и при температуре воздуха в них выше 50 °С.

При обслуживании чугунной арматуры подтягивание болтов фланцевых соединений разрешается производить при температуре теплоносителя не выше 90 °С. При необходимости произвести подтягивание болтов при более высоких температурах теплоносителя давление в трубопроводе не должно превышать 3 кгс/см<sup>2</sup>.

Во избежание срыва резьбы подтягивание муфтовой арматуры и контрольно-измерительной аппаратуры (для устранения течи через резьбу) следует производить гаечными ключами, размер которых должен соответствовать граням подтягиваемых элементов, при давлении, не превышающем 3 кгс/см<sup>2</sup>, соблюдая при этом особую осторожность. Применение для этих целей газовых и других ключей, а также удлиняющих рычагов запрещается. Перед подтягиванием следует проверить состояние видимой части резьбы, особенно на штуцерах воздушников.

При работе теплопроводов следует избегать пребывания возле фланцевых соединений, предохранительных клапанов и чугунной арматуры дольше, чем это необходимо для обслуживания или проведения каких-либо других работ.

Стационарное электрическое освещение камер должно выполняться на напряжение 12 В. Для освещения камер, в которые может проникать горючий газ, должна применяться взрывобезопасная арматура.



Для освещения камер, в которых отсутствует стационарное искусственное освещение, должны применяться аккумуляторные фонари.

Использование открытого огня для освещения камер, а также проверка наличия газа в камерах с помощью зажженной спички, бумаги запрещаются.

На участке (в цехе) должен быть вывешен список камер, в которых отмечено постоянное или периодическое присутствие газа. Перечень камер должен быть сообщен под расписку всему обслуживающему персоналу.

Газоопасные камеры должны иметь отличительные знаки, окраску люков и содержаться под надежным запором. Все газоопасные камеры и участки трассы тепловой сети должны быть отмечены на оперативной схеме сети.

Опасными в отношении загазованности считаются камеры, в которых могут наблюдаться концентрации газа выше предельно допустимых по санитарным нормам или образующие взрывоопасные смеси.

При откачке горячей воды из камер тепловой сети персонал обязан организовать сток откачиваемой воды в ливневую канализацию или другой водосток. Нельзя допускать людей в зону откачки на участке, где температура воды выше 40 °С.

Обслуживать теплопроводы надземной прокладки, расположенные на высоте до 2,5 м от уровня земли, разрешается со стремянок или приставных лестниц.

На участках эстакад, а также под кронштейнами, где на высоте 2,5 м и более установлены элементы оборудования, требующие обслуживания, должны быть устроены площадки с перилами и постоянными лестницами. В случае отсутствия площадок или подмостей работы производятся с применением предохранительного пояса, которым рабочий должен прикрепить себя к трубе.

Пребывание рабочих в траншее во время спуска в нее труб или других элементов оборудования и арматуры, а также под установленным оборудованием и узлами трубопроводов до их окончательного закрепления запрещается.

Монтаж оборудования и трубопровода вблизи электрических проводов (в пределах расстояния, равного наибольшей длине монтируемого узла или звена трубопровода) должен производиться при снятом напряжении.

Подъем труб, арматуры и других материалов на эстакады и другие надземные конструкции тепловой сети может быть разрешен только после предварительной проверки (осмотром и расчетом) прочности несущих конструкций.

Хождение по трубам, не имеющим специальных ограждений, а также производство работ (стоя или сидя) на трубах запрещается.

## **18.2 Испытание теплопроводов**

Испытание тепловых сетей на расчетные давление и температуру должно производиться под непосредственным руководством начальника цеха или его заместителя в соответствии с программой, утвержденной главным энергетиком (механиком) и согласованной с энергообеспечивающим цехом.

Испытание на расчетное давление должно производиться при температуре воды в сети не выше 40 °С.

Одновременное проведение испытаний на расчетные давление и температуру не допускается.

Время проведения испытаний тепловой сети на расчетные давление и температуру теплоносителя должно быть не менее чем за 48 ч сообщено под расписку ответственным уполномоченным потребителям (цехов), присоединенных к испытываемому участку сети.

На время проведения испытаний тепловой сети на расчетное давление тепловые пункты и местные системы потребления должны быть отключены от испытываемой сети.

Отключение должно производиться первыми задвижками (со стороны тепловой сети), установленными на подающем и обратном трубопроводах теплового пункта, а все спускные и воздушные краны на тепловом пункте должны быть полностью открыты.

При отсутствии необходимой плотности отключающей арматуры на тепловом пункте отключение потребителей следует производить задвижками, установленными в камерах присоединения потребителей к тепловой сети, или установкой заглушек на тепловых пунктах.

На время испытаний тепловой сети на расчетные параметры теплоносителя должно быть организовано постоянное дежурство персонала на тепловых пунктах и в местных системах потребителей.

На время испытаний тепловой сети на расчетную температуру устанавливается наблюдение за всей трассой тепловой сети, для чего по трассе по указанию руководителя испытаний, исходя из местных условий, должны быть расставлены наблюдатели из числа эксплуатационного персонала тепловой сети и потребителя с участием соответствующих служб предприятия.

Особое внимание должно уделяться участкам сети в местах движения пешеходов и транспорта, участкам, где ранее наблюдались случаи коррозионного разрушения труб.

При испытании тепловой сети на расчетные параметры теплоносителя запрещается:

а) производить на испытываемых участках какие-либо работы, не связанные с испытаниями;

б) находиться в камерах и на тепловых пунктах лицам, не участвующим в испытаниях;

в) располагаться против фланцевых соединений трубопроводов и арматуры;

г) при испытании тепловой сети на расчетную температуру опускаться персоналу в тепловые камеры разрешается в случае крайней необходимости только по указанию лица, руководящего испытаниями.

При испытании тепловой сети на расчетное давление теплоносителя запрещается также производить резкий подъем давления и повышать давление выше предела, предусмотренного программой испытания.

Повышение или понижение температуры должно производиться со скоростью не более 30 °С/ч. Запрещается повышение температуры теплоносителя выше предусмотренного программой испытаний и существующим правилам.

До начала испытаний на расчетные параметры теплоносителя допускающий к работам должен проверить правильность установки и состояние запорной арматуры и контрольно-измерительных приборов, а также соответствие установки заглушек программе испытаний и существующим правилам. Обход камер и туннелей тепловых сетей во время испытаний на расчетные параметры теплоносителя (температура, давление) должен производиться по утвержденной программе в соответствии с правилами обслуживания камер с высокой температурой.

### **18.3 Ремонт тепловых сетей**

К ремонту могут допускаться рабочие, знакомые с оборудованием тепловых сетей и прошедшие специальное обучение. До начала работ ответственный руководитель должен лично произвести инструктаж всех рабочих ремонтных бригад об особенностях предстоящего ремонта, обратив внимание на соблюдение правил техники безопасности.

Запрещается производство ремонтных работ на оборудовании, находящемся под давлением и напряжением.

Ремонтные работы в темное время суток могут производиться только при достаточном освещении в соответствии с действующими нормами освещения строительных, монтажных и ремонтных работ.

Машины и механизмы, используемые на ремонтных работах по трассе тепловых сетей, должны быть установлены и закреплены в устойчивом положении, исключающем их опрокидывание или самопроизвольное смещение.

Перед допуском рабочих в места, опасные в связи с возможным появлением вредного газа, в том числе в камеры и шурфы, необходимо эти места тщательно проверить. Обнаруженный газ должен быть удален, после чего производится повторная проверка.

При неожиданном появлении вредного газа работы следует немедленно прекратить и вывести рабочих из опасной зоны.

При работе в загазованной среде должны применяться молотки, кувалды и другой инструмент из цветного металла. Инструмент и приспособления, изготовленные из черного металла, должны иметь покрытие, исключающее искрообразование при ударе. Режущая часть зубила должна обильно смазываться тавотом или другой аналогичной густой смазкой. Применение электродрелей и другого электрического инструмента, дающего искрение, в загазованной среде запрещается.

Перед началом сварочных работ в местах, где возможно наличие газа, должна производиться проверка воздуха на загазованность. Содержание кислорода в воздухе должно быть при этом не менее 20,5% по объему. Отбор проб воздуха должен производиться в наиболее плохо вентилируемых местах.

В зависимости от удельного веса газа отбор должен производиться на высоте:

- для газа легче воздуха (природного и др.) - из верхней зоны;
- для газа тяжелее воздуха (пропан, бутан и др.) - из нижней зоны.

В течение всего времени производства сварочных работ камера должна хорошо вентилироваться.

Проведение сварочных и других работ, связанных с применением огневых средств, в загазованной среде (атмосфере) запрещается.

Производить ремонт оборудования и трубопроводов одновременно на разных уровнях по одной вертикали можно только при крайней необходимости и при условии устройства защитных настилов, обеспечивающих безопасность рабочих на всех нижних отметках.

В процессе производства ремонтных работ, связанных с демонтажем оборудования и трубопроводов, должна быть установлена последовательность проведения операций, обеспечивающая устойчивость оставшихся узлов и элементов оборудования. За устойчивостью оставшихся элементов оборудования и участков трубопроводов должно вестись непрерывное наблюдение.

Временную электропроводку на месте производства ремонтных работ следует выполнять изолированным проводом и подвешивать на надежных опорах на высоте не менее 2,5 м над рабочим местом, 3 м над проходами и 5 м над проездами. На высоте менее 2,5 м от земли, пола или настила электрические провода должны быть заключены в трубы или короба.

Проверку совпадения болтовых отверстий фланцевых соединений следует производить только с помощью ломиков или оправок. Выполнять эту работу пальцами запрещается.

Перед началом ремонта теплопроводов допускающий мастер цеха, участка (начальник смены, цеха) обязан подготовить рабочее место для обеспечения производства ремонтных работ:

- а) проверить камеру на загазованность газоанализатором;
- б) произвести необходимые переключения;
- в) запереть на цепь с замком в присутствии ответственного руководителя и производителя работ задвижки и вентили с обеих сторон отключаемого участка тепловой сети и со стороны ответвлений от него, а также со стороны дренажных и обводных линий и перемычек;
- г) вывесить плакат с надписью "Не открывать: работают люди" на задвижках и вентилях, отключающих подлежащий ремонту участок тепловой сети; с электроприводом задвижек и с питающего их кабеля должно быть снято напряжение и удалены предохранители.

Ключи от замков на задвижках и вентилях, отключающих ремонтируемый участок тепловой сети, до окончания ремонта должны храниться у допускающего лица.

В случаях, когда отключающие задвижки и вентили не имеют необходимой плотности перед допуском к работам, ремонтируемый участок тепловой сети должен быть соединен установкой заглушек. Толщина заглушек должна соответствовать давлению рабочей среды (пара или воды).

Заглушки должны иметь ясно видимые хвостовики и устанавливаться, как правило, хвостовиками вверх.

Ответственный руководитель и производитель работ до начала работ должны лично убедиться в плотном закрытии задвижек и вентилях и отсутст-

вии давления в трубопроводах. При наличии избыточного давления в трубопроводе приступать к ремонтным работам запрещается.

Дренирование воды и пара должно производиться через спускную арматуру. Снижение давления в трубах и их дренирование путем ослабления части болтов фланцевых соединений может быть допущено лишь в исключительных случаях при отсутствии возможности опорожнения трубопровода через спускные (дренажные) устройства. Ослабление болтовых соединений в этих случаях следует производить со стороны, противоположной позиции рабочего, выполняющего эти работы.

При работах в камерах с параллельно действующими теплопроводами ответственный руководитель и производитель работ должны принять меры по охране людей от ожогов и высокой температуры (ограждения действующего оборудования, вентиляция, спецодежда и т.п.)

Ремонт тяжелого оборудования в камерах должен производиться с использованием подъемных механизмов (тали, домкраты и т.п.) с применением соответствующих мер безопасности в особо стесненных условиях.

Вывезенные на трассу трубы должны быть разложены вдоль траншеи на расстоянии не менее 1 м от ее бровки.

Запрещается монтаж и сварка труб в подвешенном состоянии без установки подкладок в местах соединения.

Монтаж кривых вставок и запорной арматуры должен производиться под непосредственным руководством ответственного руководителя работ.

Места производства сварочных работ должны быть защищены от атмосферных осадков, сильного ветра и солнечных лучей навесами, палатками и другими устройствами.

Во время грозы все работы на трассе тепловых сетей должны быть прекращены, а работающие удалены от труб и механизмов в безопасное место.

Работы по контролю сварных швов с применением источника рентгеновских и гамма-излучений производятся в соответствии с действующими санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений.

Пребывание рабочих в траншее во время спуска в нее труб или других элементов оборудования и арматуры, а также под установленным оборудованием и узлами трубопроводов до их окончательного закрепления запрещается.

Монтаж оборудования и трубопровода вблизи электрических проводов (в пределах расстояния, равного наибольшей длине монтируемого узла или звена трубопровода) должен производиться при снятом напряжении.

Подъем труб, арматуры и других материалов на эстакады и другие надземные конструкции тепловой сети может быть разрешен только после предварительной проверки (осмотром и расчетом) прочности несущих конструкций.

Хождение по трубам, не имеющим специальных ограждений, а также производство работ (стоя или сидя) на трубах запрещается.

#### **18.4 Требования к персоналу по эксплуатации тепловых сетей**

Лица, обслуживающие тепловые установки, тепловые сети и тепловые пункты:

а) не должны иметь увечий или болезней (стойкой формы), мешающих производственной работе;

б) должны знать "Правила техники безопасности при эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей", дополнительно ведомственные правила и инструкции применительно к занимаемой должности или выполняемой работе, пройти обучение безопасным методам работы на рабочем месте под руководством опытного работника и проверку знаний в квалификационной комиссии. Результаты аттестации оперативно-ремонтного персонала, а также инженерно-технического персонала, имеющего непосредственное отношение к эксплуатации, ремонту, наладке, испытанию теплопользующих установок и тепловых сетей, оформляются протоколом, подписанным председателем квалификационной комиссии.

Лицам, сдавшим испытания, должны быть выданы удостоверения установленной формы.

Результаты аттестации технологического персонала заносятся в журнал без выдачи удостоверений.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не могут быть допущены:

- а) к работе по обслуживанию сосудов, работающих под давлением;
- б) к работам на высоте;
- в) к газо- и электросварочным работам;
- г) к работам по обслуживанию подъемных кранов (крановщиками);
- д) к такелажным работам;
- е) к малярным работам, связанным с применением нитрокрасок, нитроэмалей и асфальтовых лаков, проводимым продолжительно и систематически;
- ж) к работам по наложению изоляции, связанным с применением эпоксидных смол и лаков;
- з) к земляным работам, проводимым продолжительно и систематически.

Лица, виновные в нарушении "Правил техники безопасности при эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей", подвергаются дисциплинарным взысканиям или привлекаются к административной или судебной ответственности.

Персонал, допускаемый к эксплуатации и ремонту теплоиспользующего оборудования в цехах, где для технологических нужд применяются горючие и ядовитые материалы, а также при обслуживании камер, в которых возможно присутствие газа, должен знать:

а) отравляющее действие газа, паров, допустимые и опасные для человека концентрации в воздухе, пределы взрывной концентрации горючих газов и методы их определения;

б) правила производства работ в местах, опасных в отношении скопления газов.

На предприятии должен быть список и план расположения камер, подверженных опасности проникновения газов.

Администрация предприятия обязана обеспечить проведение организационных и технических мероприятий для создания безопасных условий труда, инструктаж и обучение рабочих безопасным методам работы и контроль за выполнением персоналом правил и инструкций по технике безопасности.

Персонал, обслуживающий теплоиспользующие установки и тепловые сети, должен быть практически обучен приемам оказания доврачебной помощи пострадавшим от несчастных случаев.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ при эксплуатации и ремонте теплоиспользующих установок, тепловых сетей и оборудования, являются:

- а) оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- б) допуск к работе;
- в) надзор во время работы;
- г) перевод на другое рабочее место;
- д) оформление перерыва работы;
- е) оформление окончания работы.

Для обеспечения безопасной эксплуатации теплоиспользующие установки, тепловые сети и системы должны быть оборудованы арматурой и приборами в соответствии с Правилами технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей.

При недостаточной плотности отключающей арматуры ремонтируемое оборудование должно быть отделено от действующего с помощью заглушек. Толщина заглушек должна соответствовать давлению рабочей среды. Для обеспечения быстрого определения места установки заглушек последние должны иметь хорошо видимые хвостовики.

По окончании ремонтных работ ответственный руководитель и производитель работ совместно с допускающим (начальником смены) обязан лично убедиться в том, что все работы действительно окончены, заглушки сняты, с ремонтируемого участка удален рабочий персонал и рабочее место убрано. Только после этого можно снять замки с вентилей и задвижек и подать напряжение на электроприводы.

Подтяжку болтов фланцевых соединений после ремонта допускается производить при давлении не выше  $3 \text{ кгс/см}^2$ .

Включение теплоиспользующих установок после окончания ремонтных работ может быть произведено только с разрешения начальника или его заместителя.

Лекция 19

## **Системы регулирования отпуска теплоты**

### **19.1 Методы регулирования**

Тепловая нагрузка у теплоиспользующих потребителей непостоянна и меняется в зависимости от метеорологических условий, числа пользующихся горячей водой в системах бытового горячего водоснабжения, режима работы

технологического оборудования, режимов систем кондиционирования воздуха и вентиляции для калориферных установок и других факторов.

Для обеспечения высокого качества теплоснабжения, экономичных режимов выработки теплоты на котельных или ТЭЦ и транспортирования ее по тепловым сетям выбирается соответствующий метод регулирования.

Методика изменения количества теплоты, подаваемой потребителям в соответствии с графиками их теплопотребления, называется **системой регулирования отпуска теплоты**.

В зависимости от пункта осуществления регулирования различают центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование отпуска теплоты.

**Центральное** регулирование тепловой нагрузки осуществляется у источника теплоты – на ТЭЦ или котельной.

**Групповое** – на групповых тепловых подстанциях (ГРП), в тепловых пунктах промышленных предприятий.

**Местное** – на местных тепловых подстанциях (МРП), у нагревательных приборов систем теплопотребления.

**Индивидуальное** - у потребителей теплоты на теплоиспользующих приборах.

Для обеспечения высокой экономичности теплоснабжения следует применять комбинированное регулирование.

Центральное регулирование применяется для основной тепловой нагрузки (например, для отопления и вентиляции), а для регулирования иных видов нагрузок используется групповое или местное регулирование.

Эффективное регулирование может быть достигнуто только с помощью соответствующих систем автоматического регулирования (САР).

Групповое и местное регулирование наиболее удобно осуществлять при применении групповых или индивидуальных автоматических регуляторов, устанавливаемых на каждом нагревательном приборе.

Основное количество теплоты у потребителей расходуется для нагревательных целей, поэтому тепловая нагрузка зависит от режима теплоотдачи нагревательных приборов. Несмотря на значительное конструктивное разнообразие применяемых нагревательных приборов, все они, как правило, являются теплообменниками поверхностного типа.

Регулирование отпуска тепла в широких пределах воздействием на коэффициент теплопередачи практически трудно осуществить, так как он является достаточно устойчивым.

Изменение теплоотдачи выключением и включением части поверхности нагрева возможно только у потребителей, в этом случае невозможно воспользоваться выгодами центрального регулирования. Изменение времени работы нагревательных приборов с целью изменения теплоотдачи может применяться при местном способе регулирования, но при разнородной тепловой нагрузке невозможно на этом принципе построить центральное регулирование.

Наибольшие возможности дает регулирование отпуска теплоты при теплоносителе – воде.



В **водяных тепловых сетях** основное регулирование отпуска теплоты осуществляется центрально следующими способами:

- изменением температуры воды в подающем трубопроводе без регулирования расхода воды (**качественное регулирование**);
- изменением расхода сетевой воды при сохранении постоянной температуры воды в подающем трубопроводе (**количественное регулирование**);
- изменением температуры воды в подающем трубопроводе с соответствующим изменением расхода воды (**качественно-количественное регулирование**).

Для корректирования центрального регулирования в водяных тепловых сетях проводят дополнительно групповое или местное регулирование.

В **паровых сетях** осуществляется только местное регулирование отпуска теплоты. Основные методы регулирования отпуска теплоты при паровом теплоносителе заключаются в изменении числа часов работы  $n$  и температуры конденсации путем дросселирования. Первый метод осуществляется работой “пропусками”, а второй метод ограничен, при невозможности снизить давление в нагревательных приборах ниже 0,1 МПа, а температуру ниже 100°С.

Для получения широкого диапазона регулирования необходимо переводить установку на работу под вакуумом, что не всегда возможно.

Центральному регулированию тепловой нагрузки должно отдаваться предпочтение во всех случаях. Выбор метода регулирования и вида температурного графика зависит от преобладающей нагрузки в системе теплоснабжения. В жилых районах это тепловая нагрузка водяных систем отопления в промышленных же районах преобладает нагрузка воздушного отопления и вентиляции. При разнородной тепловой нагрузке с центральным регулированием должно проводиться регулирование всех видов тепловой нагрузки: групповое или местное в узлах присоединения групп однотипных приборов и индивидуальное – на теплопотребляющих приборах.

В закрытых системах теплоснабжения при наличии в районе нагрузки на отопления и горячее водоснабжение применяется центральное качественное регулирование по совмещенной нагрузке.

В открытых системах теплоснабжения, в сетях с повышенной гидравлической устойчивостью при наличии у абонентов нагрузки на отопления и горячее водоснабжение применяется качественно-количественное регулирование по совмещенной нагрузке.

В сетях с пониженной гидравлической устойчивостью целесообразно применять качественное регулирование.

## **19.2 Управляемость тепловыми сетями**

Основные принципы проектирования тепловых сетей:

- 1) простота;
- 2) надежность;
- 3) экономичность;
- 4) управляемость;
- 5) резервирование.

Под **управляемостью** понимают возможность согласованного изменения режима работы всех звеньев системы теплоснабжения. Управляемость определяется тремя факторами:

1) наличием авторегуляторов. Всякая автоматизированная система управляема;

2) гидравлической устойчивостью;

3) количеством самостоятельных элементов системы.

Возможно два типа структуры тепловой сети:

1) обезличенная – ответвления к распределительным линиям и распределительные линии к магистралям присоединяются через задвижку. Для системы характерна жесткая гидравлическая связь всех элементов;

2) секционированная - ответвления к распределительным линиям присоединяются через задвижку, а распределительные линии к магистралям – через контрольные распределительные пункты (КРП). В этом случае в распределительной линии с помощью средств автоматизации на КРП устанавливается режим давления не связанный с режимом давления в магистрали.

Если сравнить между собой секционированную и обезличенную сети по трем приведенным выше показателям, то предпочтительнее сеть секционированная.

КРП может присоединяться к трубопроводам сети с двух сторон секционирующей задвижки. КРП могут быть индивидуальные (на одно здание), групповые (на 5 - 10 зданий) и районные (до 100 зданий).

КРП позволяет:

1) поддерживать постоянное давление в обратной линии и перепад давления в распределительной линии;

2) повысить температуру воды в магистральной линии и снизить расход воды в магистрали;

3) быстро обнаружить аварию и отсекать аварийную распределительную линию от магистрали, что позволяет снизить потери в аварийной ситуации.

**Резервирование** магистральных и распределительных линий решается с помощью перемычек. Считается, что системы имеют резерв, если перераспределение воды в аварийных ситуациях занимает не более 3 часов.

Выполнение перемычек:

1) при резервировании магистральных линий перемычки делают однострубно, но присоединяют к подающему и обратному трубопроводам. Перемычки выполняются в районе секционирующих задвижек. В аварийных режимах допускается снижение расхода воды до 65 % от расчетного при одновременном увеличении температурного перепада в сети;

2) при резервировании распределительных линий перемычки делаются двухтрубными, так как они могут быть использованы в период летних ремонтов. При резервировании распределительных линий расход воды должен сохраняться 100 %. Резервирование с помощью перемычек решается в радиальных распределительных линиях. С целью резервирования распределительных линий целесообразно выполнять по кольцевым схемам, присоединяя их к одному или двум КРП и к одной или двум магистралям.

## Основные направления развития систем теплоснабжения

### 20.1 Основные причины плохого состояния систем теплоснабжения

#### Источник тепла:

Котлы в большинстве котельных страны выработали свой ресурс, и требуется их замена. Даже отработавшие свой ресурс паровые котлы могут служить еще до 15 лет, если их перевести в водогрейный режим. При снижении максимальной температуры на выходе котла до 115 °С их тепловая производительность не падает, а даже возрастает на 10-15%. Внедрение крышных котельных не решает общей проблемы городов, так как со временем увеличиваются эксплуатационные расходы.

Оборудование химводоподготовки физически устарело и требуется его реконструкция или замена ХВО на более современные технологии. Деаэраторы во многих котельных вышли из строя и не работают. В результате вода на питание котлов и подпитку сетей подается с большим содержанием кислорода, что приводит к интенсивной коррозии котлов, тепловых сетей и отопительных систем. По химводоподготовке и деаэрации в зависимости от состояния оборудования проводятся реконструкция и режимно - наладочные испытания. Если состояние оборудования ХВО неудовлетворительное, то показано внедрение комплексной обработки воды, т. е. автоматическое дозирование реагента в подпиточную воду. Проводится обучение персонала. Эта технология настолько эффективна, что она окупается за 4-5 месяцев.

#### Тепловые сети:

В Харькове потери тепла из-за корродированных трубопроводов и отсутствия (или выхода из строя) изоляции на отдельных участках сетей достигают 40 % и в среднем оцениваются 20 %. Путь снижения потерь один - плановая замена всех труб тепловых сетей на предварительно изолированные в пенополиуретане. Трубопроводы пришли в ветхое состояние и в большинстве городов даже не подвергаются гидравлическим испытаниям не только на давление на 1,25 от рабочего, но даже и на рабочее давление. И, как результат, повышенная аварийность в тепловых сетях, при этом вся установленная в сетях запорная арматура морально и физически устарела и порой невозможно произвести отключение отдельных участков.

Тепловые сети разрегулированы. Большинство систем теплоснабжения городов, особенно малых, работают при неустойчивых режимах. Потребители, подключенные к сети в наиболее удаленных точках от источника тепла, не догреваются и, для обеспечения циркуляции, сетевая вода из систем отопления сливается в канализацию. Проводится разработка оптимальных режимов с последующим внедрением их и регулированием тепловой сети с обучением персонала правильным методам эксплуатации. Эта технология крайне необходима, так как прекращаются жалобы на неудовлетворительное теплоснабжение, и каждый потребитель получает равно столько тепла, сколько ему необходимо.

### **Тепловые пункты:**

Даже если оборудование ЦТП еще находится в функциональном состоянии, оно морально устарело и требует срочной замены. Реконструкция ЦТП носит комплексный характер в виду того, что пункты, построенные 20-30 лет назад, уже успели устареть на всех уровнях.

Если узел ввода теплового пункта не имеет надлежащей системы фильтрации, его реконструируют в первую очередь. В данном случае подразумевается установка сеточных фильтров и грязевика. Механизм установки фильтров зависит от того, в какой системе производится реконструкция – в открытой или закрытой.

В 90% случаев реконструкции тепловых пунктов, она неминуемо касается узла прибора учета. Так, меняется как сам прибор учета на более современный, так и вся сопутствующая арматура.

Реконструкцию узла регулирования давления также производится в обязательном порядке, но в данном случае, реконструкция будет связана с автоматизацией теплового пункта, так как контроль за давлением систем, защита от перегрева теплоносителя и многие другие показатели могут выполняться только посредством автоматического контроля сверхточных приборов.

Как правило, также требуется установка подкачивающих насосов, автоматических отсекающих клапанов и регуляторов подпора.

Комплексная реконструкция ЦТП не будет полной без замены водонагревательных элементов. В качестве современных скоростных водонагревателей рекомендуется использовать пластинчатые модели. Если речь идет об обслуживании небольших зданий, можно использовать емкостные водоподогреватели для обеспечения жителей гарантированным запасом горячей воды. Пластинчатые водонагреватели могут подсоединяться к системе теплоснабжения по однолинейной или двухступенчатой схеме.

Ну и конечно трудно представить реконструкцию ЦТП без внедрения автоматизации. Современные системы позволяют поддерживать необходимую температуру и давление в трубопроводе в зависимости от заданных параметров. Автоматика выполняет управление основным и резервным насосом водоснабжения, а также насосами подпитки и отопления. Алгоритм управления отопительными системами, системами горячего водоснабжения позволяет применять оборудование автоматизации, которое исключает необходимость в программировании. Универсальность автоматических регуляторов, которые отвечают за контроль выше обозначенных параметров, позволяет свести к минимуму вмешательство человека в их работу, что сокращает вероятность ошибки, продиктованной человеческим фактором.

## **20.2 Направления развития систем теплоснабжения**

Украина относится к энергодефицитным странам и обеспечивает свои потребности в топливно-энергетических ресурсах (ТЭР) за счет собственной добычи менее чем на 50%. Вместе с этим эффективность использования ТЭР в экономике Украины и социальной сфере очень низкая. Энергоемкость валового

внутреннего продукта в Украине сегодня более, чем вдвое превышает энергоёмкость в промышленных странах Западной Европы и продолжает расти.

В 1997 г. КМ Украины утвердил Комплексную государственную программу энергосбережения, в которой ключевым является вопрос эффективного использования ТЭР для преодоления кризисных явлений в нашей экономике, решения социальных проблем, сохранения окружающей среды.

Сегодня мы не можем применять стандарты западных стран, поскольку Украина имеет устаревшую технологическую базу. Это одна из причин, другая - в условиях спада экономики, когда оборудование загружено не полностью, удельные энергозатраты возрастают. Вот почему необходимо постепенно снижать затраты за счет внедрения новых энергосберегающих технологий, оборудования и материалов. Эти мероприятия должны иметь небольшой срок окупаемости и высокую экономическую эффективность.

В непроизводственной сфере также существуют проблемы энергопотребления, в частности большое потребление тепла на отопление и горячее водоснабжение. Учитывая высокие цены на энергоносители, затраты на создание комфортных условий в общественных зданиях становятся непомерно большими.

Уменьшение затрат в области энергоснабжения возможно как в организациях и предприятиях, производящих тепловую энергию, так и у потребителей тепла. При этом следует отметить, что повышение эффективности использования топлива производителями тепловой энергии возможно при их уровне техники на 2 - 4%, а уменьшение теплотребления потребителями теплоэнергии возможно на 20 - 40%.

Охрана окружающей среды должна занимать важное место в производстве тепловой энергии. Поэтому при выборе централизованного или децентрализованного теплоснабжения необходимо учитывать экологический аспект. Гидравлический и тепловой режимы определяют экономичную и надежную работу систем теплоснабжения. Это обуславливает необходимость применения двухтрубной системы теплоснабжения с установкой в ИТП пластинчатых теплообменников, подключением местных систем отопления по независимой схеме, а систем горячего водоснабжения по одноступенчатой схеме. Применение ИТП позволяет поддерживать в наружных тепловых сетях оптимальный гидравлический режим, а внутренние системы в связи с низкими температурами и давлением теплоносителя выполнять из полимерных материалов. Комбинированная выработка электрической и тепловой энергии требует снижения температуры возвращаемого теплоносителя на источник. Это возможно, если принять расчетные температуры в системах отопления зданий не 95 – 70 ° С, как это требуют нормы, а ниже: 95 – 50 ° С. Это снизит расходы теплоносителя и потери тепла при транспортировке.

Наибольшая экономия тепла до 50% может быть получена при применении современных строительных ограждающих конструкций с повышенными термическими сопротивлениями теплопередаче. Такие конструкции следует закладывать в новое строительство и применять при реконструкции зданий.

По оценке предприятия «Харьковские тепловые сети» потенциал энергосбережения систем централизованного теплоснабжения в Харькове оценивается в сотни тысяч тонн условного топлива. Для реализации существующего потенциала энергосбережения предлагается:

- модернизация тепловых сетей по новым технологиям;
- установка приборов учета у потребителей и на источниках;
- установка нового оборудования на ТЭЦ;
- реконструкция отопительных котельных с заменой существующих котлов на более эффективные;
- децентрализованное распределение тепла через индивидуальные тепловые пункты (ИТП).

Основные направления развития систем теплоснабжения:

Максимальное приближение источника энергоснабжения к потребителю для уменьшения потерь при транспортировке.

Применение двухтрубных тепловых систем с установкой в ИТП пластинчатых теплообменников.

Системы отопления для возможности индивидуального регулирования должны выполняться в двухтрубном исполнении.

Повышение теплотехнических свойств ограждающих конструкций зданий.

Бесканальная наружная прокладка тепловых сетей из предварительно изолированных труб.

Максимальная автоматизация технологического оборудования.

Применение индивидуальных и групповых средств учета потребления энергоресурсов.

Повышение уровня экологической защиты окружающей среды. Гибкая топливная технология применения природного газа, угля, нефти и биомассы.

## **Список источников**

### **Основные источники**

1. В.И. Манюк, Я.И. Каплинский и др. Справочник. Наладка и эксплуатация водяных тепловых систем. - Москва, Стройиздат, 1988. - 432 с.
2. И.И. Павлов, М.Н. Федоров. Котельные установки и тепловые сети. - Москва, Стройиздат, 1986. - 232 с.
3. Е.М. Авдолимов. Реконструкция водяных тепловых сетей. – Москва, Стройиздат, 1990. – 304 с.
4. Энергоэффективность в промышленности. - Тасис., Европейская комиссия, 1999.- 170 с.
5. І.О. Бережнов, М.О. Шульга. Улаштування і експлуатація теплових і газових мереж. - Київ, 1992. - 123 с.
6. Н.Г. Третьякова. Тепло- и хладоснабжение. – Кемерово, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2008. – 100 с.
7. А.В. Дмитриев, А.Б. Кетаев. Городские инженерные сети. - Москва, Стройиздат, 1988. - 175 с.
8. А.А. Скворцов, И.А. Заверкин. Повышение надежности конструкций подземных тепловых сетей. - Москва, Энергоиздат, 1986. - 105 с.

### **Дополнительные источники**

1. Н.К. Громов, Е.П. Шубин. Водяные тепловые сети. – Москва, Энергоатомиздат, 1988. – 375 с.
2. В.А. Переверзев, В.В. Шумов. Справочник мастера тепловых сетей. – Ленинград, Энергоатомиздат, 1987. – 272 с.
3. В.П. Витальев. Бесканальные прокладки тепловых сетей. – Москва, Энергоатомиздат, 1983. – 278 с.
4. В.В. Цветков, И.А. Бережнов. Справочник по теплоснабжению промышленных предприятий. - Харьков, Прапор, 1987. - 115 с.

### **Методическое обеспечение**

1. Т.А. Евсеева, Н.В. Ластовец. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Теплоснабжение» для студентов 4-5 курсов всех форм обучения. – Харьков, ХНАМГ, 2011 г. – 32 с.
2. Т.О. Євсєєва, О.М. Лобко. Методичні вказівки до практичної та самостійної роботи з дисципліни «Теплопостачання» для студентів 4-5 курсів усіх форм навчання. Харків, ХНАМГ, 2009 р. – 15 с.

### **Интернет-ресурсы**

1. [www.abok.ru](http://www.abok.ru)
2. <http://www.truba.ua/f/odv/>
3. [www.mir-klimata.com](http://www.mir-klimata.com)

*Навчальне видання*

**ЄВСЄЄВА** Тетяна Олексіївна,  
**ЛАСТОВЕЦЬ** Наталя Володимирівна,  
**МАЛЯВІНА** Ольга Миколаївна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

## **«ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ»**

*(для студентів 4 і 5 курсів денної та заочної форм навчання  
напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво»  
та сухачів другої вищої освіти спеціальності  
7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція»)*

(Рос. мовою)

Відповідальний за випуск *І. І. Капцов*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *Т. О. Євсєєва*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2012, поз. 58 Л

---

Підп. до друку 02.04.2013

Друк на ризографі.

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 8,9

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.