

# Методические рекомендации .

## Методические рекомендации по расчету и выбору систем отопления и горячего водоснабжения сельских жилых домов

**Наименование документа:** *Методические рекомендации*

**Тип документа:** Методические рекомендации

**Статус документа:** действующий

**Название рус.:** Методические рекомендации по расчету и выбору систем отопления и горячего водоснабжения сельских жилых домов

**Область применения:**

В рекомендациях проанализировано водяное, паровое и воздушное отопление сельских жилых домов, приведены требования, характеристики и методики теплового и гидравлического расчетов систем водяного отопления и горячего водоснабжения с естественной и насосной циркуляцией теплоносителя, технические данные строительных материалов, теплоизоляции, отопительных котлов, тепловых приборов, насосов и других технических средств, а также пример расчета двухтрубной системы отопления современного усадебного сельского дома. Предназначены для использования специалистами проектных и строительных организаций и сельских индивидуальных застройщиков.

ВВЕДЕНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТОПЛЕНИИ

- 1.1. Цель и назначение отопления.
- 1.2. Характеристика систем водяного отопления
- 1.3. Схемы отопления

2. ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

4. РАСЧЕТ ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ И НАСОСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

- Краткое содержание:**
- 4.1. Расчет поверхности нагрева и выбор нагревательных приборов.
  - 4.2. Расчет поверхности нагревательных приборов с учетом теплоотдачи трубопроводов
  - 4.3. Определение потерь, теряемых обратным трубопроводом
  - 4.4. Трубопроводы и арматура
  - 4.5. Расширительный бак в системе отопления
  - 4.6. Прокладка трубопроводов
  - 4.7. Гидравлический расчет системы отопления с естественной циркуляцией воды
  - 4.8. Гидравлический расчет системы отопления с насосной циркуляцией воды
  - 4.9. Расчет теплопроизводительности котла

- 4.10. Расчет установок горячего водоснабжения
  - 5. ПРИМЕР РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОДНОКВАРТИРНОГО 4-КОМНАТНОГО КИРПИЧНОГО ЖИЛОГО ДОМА С МАНСАРДОЙ
  - 5.1. Архитектурно-планировочные и конструктивные показатели
  - 5.2. Теплотехнический расчет
  - 5.3. Расчет поверхности нагрева и подбор приборов
  - 5.4. Гидравлический расчет системы отопления при естественной циркуляции
  - 5.5. Расчет горячего водоснабжения
  - 5.6. Пример гидравлического расчета системы отопления при насосной циркуляции
  - 5.7. Выбор циркуляционного насоса и электродвигателя
- СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Дата**  
**актуализации** 01.01.2009  
**текста:**  
**Дата введения:** 26.11.1992  
**Дата добавления**  
**в базу:** 10.11.2009  
**Доступно сейчас**  
**для просмотра:** 100% текста. Полная версия документа.  
**Опубликован:** Россельхозакадемия № 1994  
**Документ**  
**утвержден:** ВИЭСХ от 1992-11-26  
**Документ** ВИЭСХ  
**разработан:** Научно-производственное внедренческое предприятие "Павлена"

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ВНЕДРЕНЧЕСКОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ПАВЛЕНА»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ПО РАСЧЕТУ И ВЫБОРУ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

**Москва 1994**

В рекомендациях проанализировано водяное, паровое и воздушное отопление сельских жилых домов, приведены требования, характеристики и методики теплового и гидравлического расчетов систем водяного отопления и горячего водоснабжения с естественной и насосной циркуляцией теплоносителя, технические данные строительных материалов, теплоизоляции, отопительных котлов, тепловых приборов, насосов и других технических средств, а также пример расчета двухтрубной системы отопления современного усадебного сельского дома.

Предназначены для использования специалистами проектных и строительных организаций и сельских индивидуальных застройщиков.

Рекомендации разработаны канд. техн. наук А.М. Зайцевым и Н.В. Артамоновой.

Рекомендации одобрены секцией электрификации сельского хозяйства Ученого совета ВИЭСХ 26.11.1992 г.

Ответственный за выпуск - Королев Ю.П.

## **Содержание**

### [ВВЕДЕНИЕ](#)

### [1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТОПЛЕНИИ](#)

#### [1.1. Цель и назначение отопления.](#)

#### [1.2. Характеристика систем водяного отопления](#)

#### [1.3. Схемы отопления](#)

### [2. ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ](#)

### [3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА](#)

### [4. РАСЧЕТ ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ И НАСОСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ](#)

#### [4.1. Расчет поверхности нагрева и выбор нагревательных приборов.](#)

#### [4.2. Расчет поверхности нагревательных приборов с учетом теплоотдачи трубопроводов](#)

#### [4.3. Определение потерь, теряемых обратным трубопроводом](#)

#### [4.4. Трубопроводы и арматура](#)

#### [4.5. Расширительный бак в системе отопления](#)

#### [4.6. Прокладка трубопроводов](#)

#### [4.7. Гидравлический расчет системы отопления с естественной циркуляцией воды](#)

#### [4.8. Гидравлический расчет системы отопления с насосной циркуляцией воды](#)

#### [4.9. Расчет теплопроизводительности котла](#)

#### [4.10. Расчет установок горячего водоснабжения](#)

### [5. ПРИМЕР РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОДНОКВАРТИРНОГО 4-КОМНАТНОГО КИРПИЧНОГО ЖИЛОГО ДОМА С МАНСАРДОЙ](#)

#### [5.1. Архитектурно-планировочные и конструктивные показатели](#)

#### [5.2. Теплотехнический расчет](#)

#### [5.3. Расчет поверхности нагрева и подбор приборов](#)

#### [5.4. Гидравлический расчет системы отопления при естественной циркуляции](#)

#### [5.5. Расчет горячего водоснабжения](#)

#### [5.6. Пример гидравлического расчета системы отопления при насосной циркуляции](#)

#### [5.7. Выбор циркуляционного насоса и электродвигателя](#)

### [СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ](#)

Основные единицы системы СИ и соотношение их с единицами системы МКГСС

Система СИ	Система МКГСС
единицы давления	
1 Па = 0,101972 кгс/м <sup>2</sup>	1 бар = 1,01972 кгс/м <sup>2</sup> = 750,06 мм рт. ст. = 1,01972·104 мм вод. ст. = 105 Па
1 Па = 0,98692·10 <sup>-5</sup> атм = 7,5·10 <sup>-3</sup> мм рт. ст. = 10 <sup>-5</sup> бар	1 мм вод. ст. = 9,807 Па
	1 кгс/м <sup>2</sup> = 9,807 Па = 9,807·10 <sup>-5</sup> бар
	1 кгс/см <sup>2</sup> = 98066,5 Па = 0,98 МПа
единицы мощности	
1 Вт = 0,101972 кгс·м/с	1 кгс·м/с = 9,80665 Вт
1 Вт = 0,859845 ккал/ч	1 ккал/ч = 1,163 Вт
единицы теплоты	
Тепловой поток	
1 Вт = 0,23885 кал/с = 0,859845 ккал/ч	1 кал/с = 4,1868 Вт
Плотность теплового потока	
1 Вт/м <sup>2</sup> = 0,23885·10 <sup>-4</sup> кал/(см <sup>2</sup> ·с) = 0,859845 ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)	1 кал/(см <sup>2</sup> ·с) = 4,1868 Вт/м <sup>2</sup>
	1 ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) = 1,163 Вт/м <sup>2</sup>
Коэффициент тепловосприятости теплоотдачи	
1 Вт/(м <sup>2</sup> ·°С) = 0,859845 ккал/(м <sup>2</sup> ·ч·°С)	1 ккал/(м <sup>2</sup> ·ч·°С) = 1,163 Вт/м <sup>2</sup> ·°С

# ВВЕДЕНИЕ

Улучшение условий жизни сельского населения связано, в частности, с созданием теплового комфорта, который в холодное время года во многом определяется совершенствованием отопления помещений. Состояние отопительной техники, как и любой другой, определяется уровнем развития производительных сил и характером производственных отношений общества.

На развитие отопительной техники оказывает влияние вид применяемого топлива. В течение многих столетий использовалось только твердое топливо (дрова, уголь) и отопительные установки приспособляли к его сжиганию.

С применением природного газа, нефти созданы отопительные установки для их сжигания с нагреванием промежуточной среды, переносящей тепло в помещения. Однако их дефицит заставил искать новые источники тепловой энергии: солнечной, атомной и др.

В последнее десятилетие для отопления помещений используют также электрическую энергию, в особенности аккумулируемую в ночное время. Дальнейшее развитие атомной и термоядерной энергетики создаст избыток энергии, что позволит широко применять ее для отопления.

Анализ нормативно-технической документации и выпускаемых отопительных водяных установок показывает, что широко применяют в сельских жилых домах следующие котлы или аппараты, работающие:

на твердом топливе

АОТ-7; АОТ-9; АТ-10; АОТВ-17; АТ-20, АБТ-22; АОТВ-23,2; АОТВ-29;

на жидком топливе

АОЖ-8,7; АОЖВ-11,6; АОЖВ-23,2;

на газообразном топливе

АОГВ-11,6; АОГВ-12,5; АОГВ-17,5; АОГВ-23,2; АКГВ-23,2; АОГВ-29;

на твердом и газообразном топливе

КС-ТГ-10; КС-ТГ-16; КС-ТГВ-16; КС-ТГВМ-16; КС-ТГВ-20; КОВ-20; АТГВ-20; АОТГВ-20; АТГВ-23,2;

на электрической энергии

ЭВО-Ф-15; САОС-400; САОС-800.

Как видим, совершенно отсутствуют комбинированные отопительные установки с применением электрической энергии, хотя такие установки за рубежом применяют широко, особенно в комбинации с электроаккумуляторами.

Отечественные системы отопления по сравнению с лучшими зарубежными заметно уступают в металлоемкости и энергоемкости в 1,5, а в долговечности в 2 раза и более.

Избежать эти недостатки позволит применение насоса с маломощным электроприводом, термосмесителем и регуляторами температуры воды и воздуха.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТОПЛЕНИИ

## 1.1. Цель и назначение отопления.

Основная цель отопления - создание тепловых условий в помещениях, благоприятных для жизни и деятельности человека. Комфортные условия в холодное время года обеспечиваются, если поддерживать определенную температуру воздуха в помещении.

Отопление начинают при устойчивом в течение 5 сут. понижении температуры наружного воздуха до  $8^{\circ}\text{C}$  и ниже, когда теплоступлений в помещение уже недостаточно для поддержания нормальной температуры. Заканчивают отопление при устойчивом повышении температуры наружного воздуха выше  $8^{\circ}\text{C}$  также в течение 5 сут.

Продолжительность отопления домов в холодное время года называют отопительным сезоном. На большей территории России, характеризующейся суровой и длительной зимой, отопительный сезон 6-8, а на севере страны 9-11 мес. Длительность отопительного сезона устанавливают на основании многолетних наблюдений как среднее количество дней в году с устойчивой среднесуточной температурой воздуха  $8^{\circ}\text{C}$  и ниже. Так, в Московской обл. продолжительность отопительного сезона 213 сут.

Суровость или мягкость зимы выражают количеством градусо-суток, т.е. произведением количества суток действия отопления на разность внутренней и наружной температур, средней для этого периода времени. Если количество градусо-суток для Московской обл. равно 4600, то на севере Красноярского края доходит до 12800.

Под влиянием разности между температурой внутреннего  $t_{в}$  и наружного  $t_{н}$  воздуха возникают теплотери через наружные ограждения и для поддержания необходимой  $t_{в}$  требуется подача теплоты в помещения, т.е. отопление. Теплотраты на отопление домов и сооружений очень велики, поэтому для этой цели приходится расходовать до 1/3 добываемого топлива.

Отопление предназначено для подачи в помещения дома тепловой энергии в количестве, равном теплотерям. Следовательно, при понижении температуры наружного воздуха, а также при усилении ветра подача теплоты в помещения должна увеличиваться, а при повышении наружной температуры - уменьшаться.

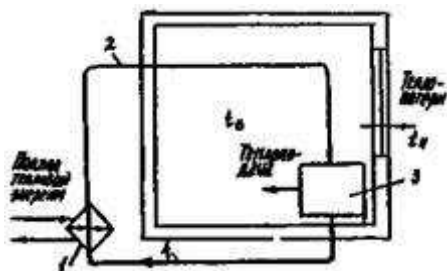
Кроме внешних метеорологических условий на температуру отапливаемых помещений влияют теплоступления от бытовых источников, что требует изменения теплотопдачи отопительных установок. Поэтому отопительные установки должны регулировать количество теплоты, изменяющееся в соответствии с теплотерями.

К отопительным установкам предъявляют следующие требования:

- санитарно-гигиенические (поддержание равномерной температуры помещений, ограничение температуры нагревательной поверхности и возможность ее очистки);
- архитектурно-строительные (соответствие планировки помещений, компактность, эстетичность);
- экономические (невысокие капитальные вложения и небольшой расход металла и энергии);
- эксплуатационные (безотказность и долговечность, простота и удобство управления, бесшумность и безопасность действия).

Отопительная установка - одно из основных конструктивных элементов системы отопления, которая представляет собой совокупность отдельных элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества тепловой энергии во все обогреваемые помещения.

Система отопления (рис. 1) состоит из отопительной установки 1 (котла или генератора теплоты) для получения тепловой энергии при сжигании топлива или от другого источника, отопительных приборов 3 для теплопередачи в помещения, теплопроводов подающего 2 и обратного 4, сети труб или каналов для теплопереноса от котла к отопительным приборам. Теплоперенос осуществляется теплоносителем жидким (вода, антифриз) или газообразным (пар, воздух). В зависимости от вида теплоносителя системы отопления могут быть водяными, паровыми или воздушными.



**Рис. 1. Принципиальная схема системы отопления**

В системах отопления сельских односемейных жилых домов получение, перенос и передача теплоты происходят непосредственно в отопительной установке. Теплопереносающая среда может нагреваться горячей водой или горячим газом, образующимся при сжигании какого-либо топлива (например; природного газа).

В системах отопления с использованием электрической энергии теплоперенос осуществляется жидким или газообразным теплоносителем, либо без него - непосредственно через твердую среду. В сельской местности в основном применяются водяные системы отопления. Системы парового и воздушного отопления менее надежны и применяются крайне редко.

Надежность систем отопления, т.е. свойство обеспечивать заданную теплоотдачу в помещения в течение требуемого периода времени (ряда отопительных сезонов), различна. Наибольшую надежность, которая обусловлена прежде всего безотказностью (непрерывным сохранением работоспособности), а также сравнительную долговечность имеют системы водяного отопления (срок службы 30-35 лет), управляемые и безотказные в эксплуатации. Менее надежны системы парового отопления, более сложные по

конструкции и в обслуживании, недолговечные (срок службы паропроводов примерно 10 лет, конденсатопроводов около 4 лет). Невысокую надежность имеют также системы воздушного отопления из-за возможности нарушения распределения воздуха по помещениям, поскольку воздуховоды из кровельной и тонколистовой стали недолговечны, а из кирпича, блоков, плит и других материалов недостаточно плотны.

Учитывая существенные преимущества водяных систем отопления и их широкое применение в сельской местности, рассмотрим эти системы более подробно.

## 1.2. Характеристика систем водяного отопления

В системах водяного отопления циркулирующая нагретая вода охлаждается в отопительных приборах и возвращается в отопительную установку для последующего нагревания. Системы водяного отопления подразделяют на низкотемпературные с предельной температурой горячей воды  $t_g < 100^\circ\text{C}$  и высокотемпературные с  $t_g > 100^\circ\text{C}$ . Максимальное значение температуры воды ограничено в настоящее время  $150^\circ\text{C}$  и применяется в системе централизованного теплоснабжения.

По способу создания циркуляции теплоносителя различают системы с естественной циркуляцией воды (гравитационные системы) и с механическим побуждением воды насосами (насосные системы). В гравитационной системе используют различие в плотности воды, нагретой до разной температуры. В вертикальной системе с неоднородной плотностью воды возникает естественное движение под влиянием гравитационного поля Земли. В системе с механическим побуждением циркуляции воды применяют насос с электродвигателем для повышения гидравлического давления, вызывающего циркуляцию, и в системе создается вынужденное движение воды. Причем сечение теплопроводов в этом случае в несколько раз меньше, чем в гравитационной системе.

Системы водяного отопления по положению труб, объединяющих отопительные приборы по вертикали или горизонтали, делят на вертикальные и горизонтальные.

Теплопроводы вертикальных систем подразделяют на магистрали, стояки и подводки: подающие - для подачи горячей воды к отопительным приборам и обратные - для отведения охлажденной воды к теплообменникам.

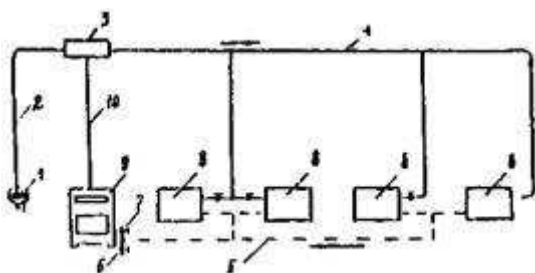
Теплопроводы горизонтальных систем, кроме магистральных, стояков и подводов, имеют горизонтальные ветви, объединяющие отопительные приборы, расположенные на одном уровне.

В зависимости от схемы соединения труб с отопительными приборами системы отопления подразделяют на однотрубные, двухтрубные и бифилярные. В каждом стояке или горизонтальной ветви однотрубной системы приборы соединяют одной трубой и вода протекает последовательно через все приборы. Если приборы разделяют пополам и соединяют трубами таким образом, чтобы вода последовательно протекала через все первые половины, а потом в обратном направлении через вторые половины приборов, то такую систему называют бифилярной (двухпроточной).

В двухтрубной системе отопительные приборы присоединяют отдельными трубами к двум стоякам - подающему и обратному, при этом вода протекает через каждый прибор независимо от других приборов.

### 1.3. Схемы отопления

1.3.1. Рассмотрим водяное отопление с естественной циркуляцией. Наибольшее распространение в сельских жилых домах получило отопление с естественной циркуляцией жидкости (рис. 2). В этой системе так же, как во всех других системах отопления сельских многоквартирных жилых домов, работающих с естественным побуждением, желательно котел располагать ниже отопительных приборов, так как при этом увеличивается циркуляционное давление в системе и уменьшается сечение трубопроводов.



**Рис. 2. Схема отопления с прокладкой горячего теплопровода сверху, а обратного - снизу отопительных приборов:**

**1 - раковина на кухне; 2 - переливной и воздушный трубопроводы от расширителя диаметром 20 мм; 3 - расширительный сосуд; 4 - горячий разводящий теплопровод; 5 - обратный теплопровод; 6 - патрубок с вентилем для слива воды из системы; 7 - водопровод для питания системы холодной водой; 8 - отопительные приборы; 9 - отопительная установка; 10 - главный стояк**

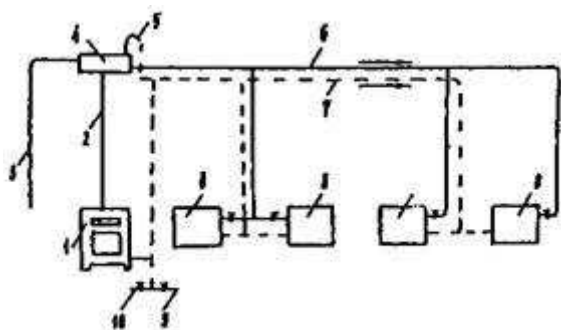
Если котел нельзя установить ниже отопительных приборов, то его можно поместить на одном уровне с ними и даже несколько выше. В этом случае вода в системе будет циркулировать вследствие охлаждения ее в трубопроводах. При расположении отопительных приборов выше котла появится дополнительное циркуляционное давление, зависящее от высоты их расположения. Таким образом, охлаждение воды в трубопроводах системы отопления, находящихся выше котла, способствует улучшению циркуляции воды.

Горячий и обратный трубопроводы прокладывают с уклоном не менее 0,003-0,005 по движению воды в нем (для подающих трубопроводов - от источника теплоты к отопительным приборам, а для обратных - от отопительных приборов к источнику теплоты). Это обеспечивает свободный выход воздуха через расширительный сосуд и слив воды из системы через сливной патрубок, расположенный в нижней точке системы. Вода может сливаться в канализацию или в специальный дренажный колодец.

Расширительный сосуд во избежание замерзания и для удобства обслуживания системы следует располагать в отапливаемом помещении.

Для удобства обслуживания котел, расширительный сосуд и питающий вентиль водопровода холодной воды рекомендуется устанавливать в одном помещении. При отсутствии водопровода систему отопления можно заполнять с помощью ручного насоса или через расширительный сосуд, в крышке которого предусматривается закрывающее отверстие. Следовательно, отсутствие водопровода в доме не должно препятствовать устройству отопления, тем более что воду из системы сливают очень редко.

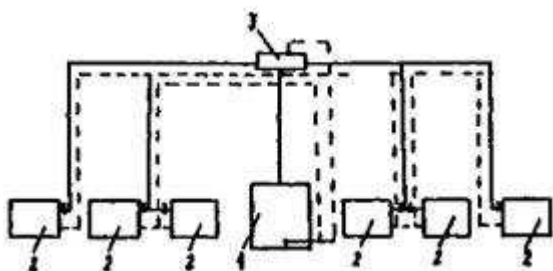
Прокладка обратного трубопровода (рис. 2) над полом помещения особенно при расположении отопительных приборов у наружных стен, не всегда возможна. Для обхода трубопроводом дверей приходится заглублять его под пол и устраивать подпольные каналы, что особенно нежелательно, когда система оборудуется в готовом доме. Поэтому, как правило, применяют другую схему - с прокладкой обратного трубопровода рядом с горячим под потолком помещения (рис. 3). Горячая вода в отопительные приборы поступает, как и по ранее рассмотренной системе. Охлажденная вода от приборов поднимается по обратному стояку в сборный обратный трубопровод под потолком и по нему возвращается в котел. Однако, такую схему нельзя рекомендовать к широкому применению во вновь строящихся домах из-за неустойчивости циркуляции в ней воды. Эта система имеет несколько циркуляционных колец, в которых обратная вода поднимается и сливается в верхнем обратном трубопроводе.



**Рис. 3. Прокладка обратного трубопровода рядом с горячим под потолком:**

**1 - генератор теплоты; 2 - главный стояк; 3 - переливная и воздушная линии; 4 - расширительный сосуд; 5 - воздушная петля, 6 - горячая разводящая линия; 7 - обратная линия; 8 - нагревательные приборы; 9 - питательный патрубок; 10 - спускной патрубок**

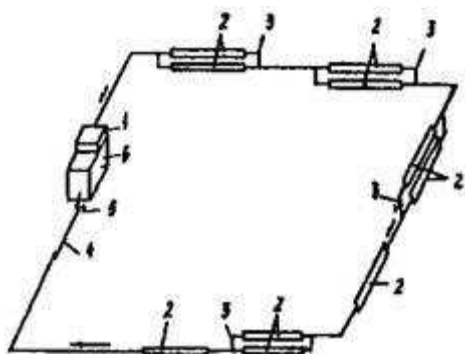
Особенность более совершенной, хотя и более сложной системы (рис. 4) состоит в том, что обратная охлажденная вода направляется не в котел, а вниз, где смешивается с охлажденной водой от других приборов, и затем по общему трубопроводу движется к котлу. Слияние более холодной воды от удаленных от котла отопительных приборов происходит в нижних, а не верхних точках циркуляционных колец. Поэтому понижение температуры в обратном трубопроводе одного из колец приведет к ускоренному движению этой воды, а следовательно, к улучшению циркуляции в кольце. Недостатками этой схемы являются увеличенный расход труб и осложненный слив воды (для полного опорожнения системы необходимо отвинчивать нижние пробки у каждого отопительного прибора или предусматривать в них специальные спускные краны). Однако, если обратный трубопровод необходимо прокладывать около дверей, особенно в уже благоустроенных домах, то следует предпочесть эту систему, поскольку отпадает необходимость переделки строительных конструкций и устройства подпольных каналов.



**Рис. 4. Схема отопления с прокладкой горячего и обратного трубопроводов над отопительными приборами (со смещением потоков вниз):**

**1 - отопительная установка; 2 - отопительные приборы; 3 - расширительный сосуд**

В простершей проточной системе водяного отопления расширительный сосуд устанавливают непосредственно на котле (рис. 5). Горячая вода поступает в систему отопления из расширительного сосуда по трубопроводу, расположенному на высоте первого по ходу воды отопительного прибора. Далее вода последовательно проходит все отопительные приборы, выполненные из гладких труб и установленные с постепенным понижением, обеспечивающим необходимый уклон трубопровода в сторону движения воды, и возвращается обратно в котел. Для увеличения циркуляционного давления отопительные приборы рекомендуют располагать возможно выше. Можно выполнять в виде одной гладкой или ребристой трубы. Однако, несмотря на простое устройство проточная система также имеет недостатки: невозможность свободного регулирования и выключения отдельных отопительных приборов, а также неудовлетворительный внешний вид вследствие прокладки горизонтального трубопровода между приборами на видном месте жилого помещения.

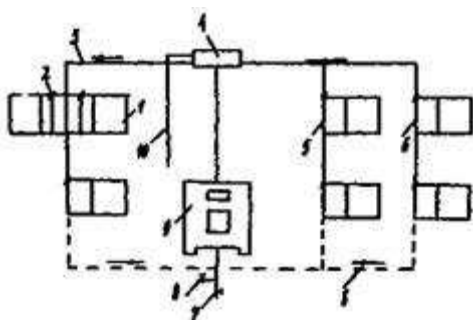


**Рис. 5. Схема проточной системы отопления:**

**1 - расширительный сосуд; 2 - отопительные приборы (гладкие трубы); 3 - запорно-регулирующая арматура; 4 - обводка двери; 5 - слив воды из системы; 6 - отопительная установка**

Рассмотренные выше схемы отопления в основном применяют в одноэтажных многоквартирных домах. Отопление двухэтажных домов или одноэтажных с мансардой мало отличается от обычного водяного отопления с естественной циркуляцией.

Правда, предпочтение отдают однотрубной проточной системе и однотрубной регулируемой системе с замыкающими участками и верхней раздачей, увеличивающей циркуляционное давление вследствие охлаждения воды в трубопроводе (рис. 6).



**Рис. 6. Схема однотрубной регулируемой системы отопления с замыкающими участками (для двухэтажного дома).**

**1 - отопительные приборы; 2 - трехходовые краны; 3 - разводящий трубопровод горячей воды; 4 - расширительный сосуд; 5 - замыкающие участки; 6 - обратный трубопровод; 7 - патрубок для слива воды из системы; 8 - патрубок для наполнения системы водой; 9 - котел; 10 - переливной и воздушный трубопровод**

В этих системах расчетное циркуляционное давление значительно больше, чем в двухтрубных, расчет трубопроводов, которых производится по давлению для приборов, расположенных в первом этаже. Кроме того, приборы первого и второго этажей в однотрубных системах имеют одинаковое циркуляционное давление, тогда как в двухтрубных системах в приборах второго этажа оно значительно больше, чем в приборах первого этажа, что усложняет регулирование. Вместе с этим однотрубные и бифилярные системы имеют экономические заготовительно-монтажные и некоторые эксплуатационные преимущества. При использовании их вместо двухтрубных уменьшается длина и масса труб, устраняются измерения в строящемся здании, отдельные узлы и детали могут быть унифицированы, что позволяет применять предварительную сборку и комплектацию узлов, сохранить затраты труда на монтаж. Повышенное гидравлическое сопротивление стояков и ветвей придает этим системам сравнительно устойчивый гидравлический режим, что позволяет отказаться от пусконаладочного регулирования теплоподдачи приборов при вводе систем в эксплуатацию.

1.3.2. Рассмотрим водяное отопление с механическим побуждением (насосом). В системах водяного отопления с естественной циркуляцией вследствие малого циркуляционного давления принимаются низкие скорости движения воды в трубах иногда в пределах 0,03-0,06 м/с. При этом трубопроводы имеют диаметр 50 мм и более. Открытая прокладка труб такого диаметра ухудшает интерьер помещений, а их монтаж значительно сложнее, чем труб малого диаметра.

Если скорость движения воды повысить с помощью насоса до 0,5-0,8 м/с, что вполне допустимо по условиям бесшумности и правильности распределения потоков в фасонных частях трубопроводов, то диаметры последнего можно уменьшить до 8-20 мм в зависимости от теплопотерь жилого дома.

Количество циркулирующей воды в системе при расчетной разности температур 20-25°C составляет 800-1000 кг/ч, гидравлические потери - не более 10-15 кПа, а потребляемая мощность электродвигателя - не более 30 Вт.

Схемы отопления (рис. 2, 3, 5) можно применять и с насосом, однако расширительный сосуд в них нужно присоединять к обратной линии перед насосом. Для надежного воздухоотделения уклон в горячем разводящем трубопроводе следует осуществлять против движения воды, устанавливая в верхней точке трубопровода ручной или автоматический воздухоотводчик. Простейшая и наиболее распространенная схема отопления с верхней разводкой изображена на рис. 7.

Насосную систему отопления выполняют горизонтальной однотрубной или двухтрубной с нижней прокладкой магистралей и устанавливают воздушные краны для удаления воздуха в атмосферу.

В горизонтальной однотрубной системе сокращается по сравнению с вертикальной системой протяженность теплопроводов, особенно стояков и магистралей. Укрупненные

стояки для горизонтальных однотрубных ветвей прокладывают во вспомогательных помещениях дома.

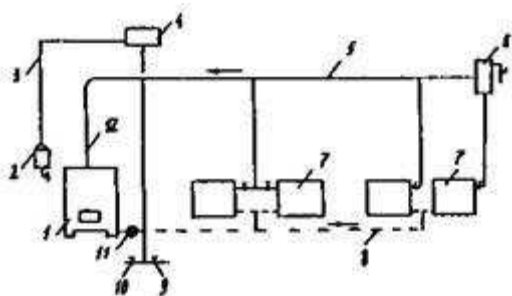


Рис. 7. Схема отопления с насосом и верхней разводкой:

1 - котел; 2 - раковина на кухне; 3 - переливной и воздушный трубопроводы; 4 - расширительный сосуд; 5 - разводящий трубопровод горячей воды; 6 - воздухоотводчик; 7 - отопительные приборы; 8 - обратный трубопровод; 9 - водопровод холодной воды; 10 - патрубок с вентилем для слива воды из системы; 11 - насос; 12 - главный стояк

В горизонтальных однотрубных ветвях применяют проточные нерегулируемые приборные узлы и регулируемые узлы с замыкающими и обходными участками. При проточных ветвях регулируют теплоотдачу в помещения воздушными клапанами в конвекторах с кожухом или с общим (для всех приборов в одном этаже) регулирующим краном.

Горизонтальная однотрубная система пригодна также для прерывистого отопления помещений на разных этажах. Для системы отопления с трубопроводами малых диаметров и механическим побуждением целесообразно применять схемы с нижней раздачей и в частности однотрубные (рис. 8). Разводящий трубопровод в этой схеме прокладываются над полом. Трубопровод малого диаметра (до 10-12 мм) может пересекать дверные проемы без заглабления при высоте порога 50-70 мм. Воздух в этой системе отопления удаляется из верхней части отопительных приборов через воздушные краны. Если отопительные приборы трубчатые, например конвекторы, и скорость воды в трубках превышает 0,2 м/с, то воздух из всей системы можно удалять в одном месте - через воздухоотводчик.

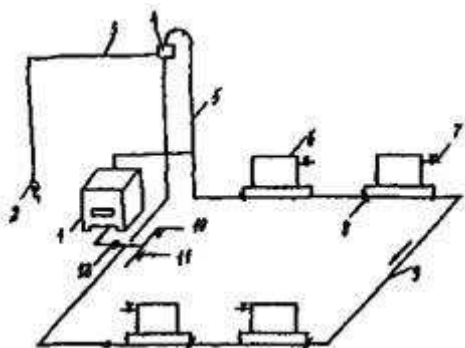


Рис. 8. Однотрубная система отоплений с механическим побуждением и нижней разводкой:

1 - котел; 2 - раковина; 3 - воздушный и переливной трубопроводы от расширительного сосуда; 4 - расширительный сосуд; 5 - водопровод для

обезвоздушивания циркуляционного трубопровода; 6 - отопительные приборы; 7 - воздушники; 8 - трехходовые краны; 9 - циркуляционный трубопровод; 10 - патрубок для спуска воды из системы; 11 - патрубок для наполнения системы; 12 - насос

Двухтрубная насосная система отопления двухэтажного дома должна иметь нижнюю разводку (верхняя используется для естественной циркуляции воды) с удалением воздуха через воздушные краны на отопительных приборах на верхнем этаже. Эта система обладает большей вертикальной гидравлической и тепловой устойчивостью по сравнению с системой, выполненной с верхней разводкой.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

2.1. Строительные конструкции внешних ограждений отапливаемых индивидуальных домов в сельской местности, кроме требований прочности и устойчивости, огнестойкости и долговечности, архитектурного оформления и экономичности, должны отвечать теплотехническим нормам. Ограждающие конструкции выбирают в зависимости от физических свойств материалов, конструктивного решения, температурно-влажностного режимов воздуха в здании, климатологических характеристик района строительства в соответствии с нормами сопротивления теплопередачи и необходимой теплоустойчивостью. Для получения наиболее экономичного конструктивного решения теплозащитные качества наружных ограждений определяются расчетом.

2.2. Основные физические свойства строительных материалов характеризуются объемным весом  $\gamma$  (кг/м<sup>3</sup>), удельной теплоемкостью  $C$  (кДж/(кг·°С)) и коэффициентами теплопроводности  $\lambda$ , (Вт/(м·°С)), теплоусвоения материала  $S$ , Вт/(м<sup>2</sup>·С), паропроницаемости  $\mu$ , мг/(м·ч·Па), воздухопроницаемости  $i$ , мг/(м·ч·Па).

Для теплотехнических расчетов физических показателей основных строительных материалов и некоторых конструктивных элементов ограждений принимают по таблицам [СНиП II-3-79\\*\\*](#). «Строительная теплотехника».

2.3. При расчете теплозащитных качеств и выборе конструкций наружных ограждений принимают расчетную зимнюю температуру наружного воздуха  $t_n$ . Для перекрытий над подвалами и подпольями соответственно среднюю  $t$  холодного периода. Расчетную температуру наружного воздуха и скорости ветра принимают на основании [СНиП 2.01.01-82](#). «Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования». Расчетные температуры внутреннего воздуха  $t_{в}$ , относительную влажность воздуха  $\phi$  и кратности вентиляционных обменов в жилых домах находят по табл. 1.

2.4. Систему отопления и параметры теплоносителя выбирают на основании технико-экономического обоснования, в соответствии с требованиями санитарных и противопожарных норм, в зависимости от назначения здания и режима его эксплуатации. При этом предельные значения допустимых температур на поверхности нагревательных приборов любых типов и конструкций  $t_{нн}$  принимают, руководствуясь правилами [СНиП 2.04.05-86](#). «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Таблица 1. Температура и воздухообмен в помещениях жилых здании ([СНиП 2.04.05-86](#))

Помещение	Расчетная температура, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Кратность обмена воздуха, за 1 ч	
		вытяжка	приток
Жилая комната квартиры	18	3 на 1 м <sup>2</sup>	-
Кухня квартиры (негазифицированная)	15	-	-
Ванная индивидуальная	25	25 на 1 помещение	-
Уборная индивидуальная	16	25 на 1 помещение	-
Объединенный санитарный узел	25	50 на 1 помещение	-
Кухня квартиры с газовыми конфорочными плитами:			
2-х	15	60	-
3-х	15	75	-
4-х	15	90	-
Вестибюль, передняя, тамбур	16	-	-

2.5. В малоэтажных жилых домах применяют квартирную систему водяного отопления с верхней и нижней разводками и естественной циркуляцией. Система отопления состоит из нагревательных приборов, трубопроводов, предназначенных для транспортирования теплоносителя и отключающей арматуры. Двухтрубные системы отопления применяют, как правило, в зданиях до двух этажей (рис. 9).

Для обеспечения нужной температуры в отапливаемых помещениях необходимо, чтобы теплоотдача установленных в них отопительных приборов и труб системы отопления соответствовала теплотерям помещения, а теплопроизводительность генератора теплоты была бы не меньше теплотерь.

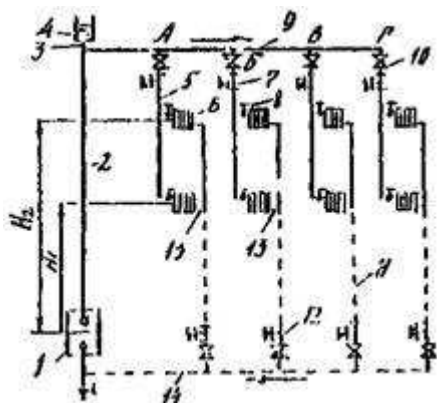


Рис. 9. Принципиальная двухтрубная схема водяного отопления с естественной циркуляцией воды и верхней разводкой:

1 - котел; 2 - главный стояк; 3 - соединительная труба; 4 - расширительный бак; 5 - стояк; 6 - нагревательный прибор; 7 - тройник; 8 - кран; 9 - подающая магистраль;

**10 - вентиль; 11 - обратный стояк; 12 - тройник с пробками для выпуска воздуха и спуска воды; 13 - обратная отводка; 14 - обратная магистраль**

2.6. Для отопления индивидуальных домов в зависимости от конструкции наружных стен применяют различные нагревательные приборы: радиаторы, ребристые трубы, отопительные панели, конвекторы, змеевики и регистры. Следует отметить, что в радиаторах конвективная теплоотдача больше, чем в других отопительных приборах.

Характеристика батареи отопительной биметаллической БОБ-3 приведена ниже.

Максимальное рабочее избыточное давление, МПа (испытания проводились при избыточном давлении 1,5 МПа)	1
Номинальный тепловой поток (при температуре 70°C, расходе теплоносителя через прибор 0,1 кг/с и барометрическом давлении 1013,3 ГПа, кВт)	0,165
Теплоотдача комплекта из пяти секций, кВт	0,85
Масса одной секции, кг	3
Масса радиатора из шести секций с ниппелями, пробками и прокладками, кг	19,6

Промышленностью нашей страны выпускаются различные типы отопительных батарей, чугунных и стальных - штампованных радиаторов. Характеристики некоторых приведены в табл. 2-5.

Таблица 2. Чугунные радиаторы

Тип	Размеры одной секции				Поверхность нагрева одной секции		Показатели на 1 экм			Диаметр ниппеля, мм
	<i>h</i>	<i>h1</i>	<i>b</i>	<i>l</i>	м2	экм	коэффициент перевода с м2, экм	масса, кг	емкость, л	
М-140	388	300	140	96	0,165	0,200	1,22	27,1	5,45	32
М-140	582	500	140	96	0,254	0,310	1,22	24,5	4,60	32
М-1000	1090	1000	185	86	0,460	0,492	1,07	-	-	32
РД-90	582	500	90	96	0,203	0,275	1,35	25,3	5,22	32
РД-26	582	500	90	100	0,205	0,275	1,34	25,0	4,95	32

Таблица 3. Теплоотдача 1 экм чугунных радиаторов в 2-трубных системах водяного отопления при подаче воды по схеме сверху-вниз, Вт

Температура помещения, <i>tв</i> , °С	Температура теплоносителя, °С					
	85-65	90-70	95-70	115-70	130-70	150-70
5	558	605	628	698	744	814
10	512	558	582	645	698	766
12	492	541	564	628	680	744
14	477	523	547	605	663	727
15	465	512	535	592	651	723
16	453	505	523	587	632	709

18	436	483	506	569	616	689
20	419	465	488	547	599	668
25	366	419	436	500	547	622

Таблица 4. Теплоотдача радиаторов М-140, Вт

		Количество секций								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
Температура, $k_{пр}$ $t_{в}, ^\circ C$		$F_{пр}, м^2$								
		0,762	1,016	1,270	1,524	1,778	2,032	2,286	2,540	2,794
		$F_{пр}, экм$								
		0,93	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	2,79	3,10	3,41
		Строительная ширина, м								
		0,288	0,384	0,48	0,576	0,672	0,768	0,864	0,96	1,056
5	9,95	668	843	1035	1209	1389	1570	1744	1930	2192
14	9,79	582	733	895	1052	1209	1361	1512	1663	1814
15	9,79	569	727	884	1040	1186	1337	1488	1639	1785
16	9,79	552	709	866	1023	1163	1320	1471	1611	1762
18	9,71	540	686	832	983	1128	1267	1419	1558	1692
20	9,71	523	663	814	954	1093	1233	1372	1512	1639
25	9,59	477	605	738	866	994	1122	1244	1372	1488
30	9,59	436	552	674	791	907	1023	1139	1256	1361

Окончание табл. 4

		Количество секций								
		12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура, $k_{пр}$ $t_{в}, ^\circ C$		$F_{пр}, м^2$								
		3,048	3,302	3,556	3,81	4,064	4,318	4,572	4,826	5,08
		$F_{пр}, экм$								
		3,72	4,03	4,34	4,65	4,96	5,27	5,58	5,89	6,20
		Строительная ширина, м								
		1,152	1,248	1,344	1,44	1,536	1,63	1,728	1,824	1,92
5	9,95	2262	2454	2640	2803	2989	3175	3361	3547	3733
14	9,95	1965	2122	2291	2430	2593	2756	2907	3070	3233
15	9,79	1931	2087	2250	2395	2559	2709	2872	3023	3187
16	9,79	1901	2058	2215	2349	2512	2663	2814	2977	3140
18	9,71	1837	1983	2139	2268	2419	2570	2709	2861	3024
20	9,71	1779	1930	2082	2198	2349	2500	2640	2791	2930
25	9,59	1617	1750	1884	2000	2134	2262	2395	2524	2663
30	9,59	1477	1599	1721	1820	1942	2064	2181	2302	2349

Таблица 5. Коэффициенты теплопередачи  $k_{пр}$  и теплоотдачи одной секции  $q_c$  для радиаторов М-140

Обозначение	$\Delta t_T = (t_{пр} - t_{в}), ^\circ\text{C}$									
коэффициентов	60	64,5	70	80	90	100	110	120	140	
$q_c, \text{Вт}$	144,2	157,0	172,1	201,1	230,3	259,3	288,9	316,3	374,4	
$k_{пр}, \text{Вт}/(\text{м}^2/^\circ\text{C})$	9,59	9,7	9,8	10,05	10,2	10,3	10,4	10,6	10,7	

Нагревательные приборы следует размерить так, чтобы их удобно было осмотреть и очистить. Располагают их преимущественно под окнами в соответствии с правилами [СНиП 2.04.05-86](#).

Для правильной технико-экономической оценки, дающей максимальный тепловой эффект и экономию металла, принят за единицу исчисления поверхности нагревательных приборов эквивалентный квадратный метр (экм). В качестве его принимают поверхность нагревательного прибора, отдающую 0,5 кВт теплоты в 1 час при разности средних температур  $64,5^\circ\text{C}$ , параметрах теплоносителя  $95-70^\circ\text{C}$ , расходе на 1 экм  $17,4 \text{ кг/ч}$  и подаче теплоносителя по схеме сверху-вниз. Поверхность испытываемых нагревательных приборов должна быть 2 экм. Схема установки, диаметры труб и тепловые нагрузки даны на рис. 10.

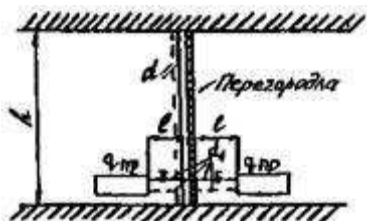
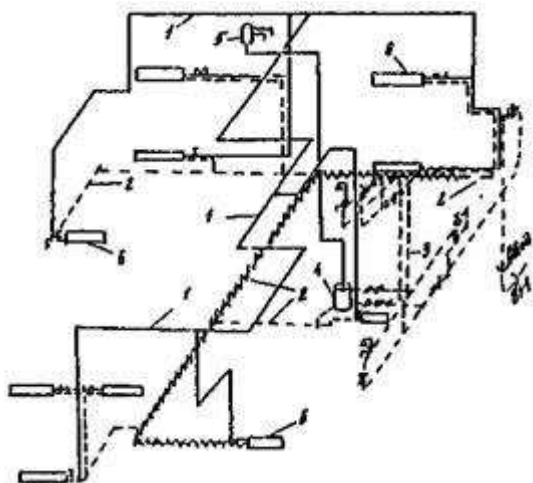


Рис. 10. Стояк двухтрубной системы отопления с радиаторами (этажный узел):

$d_1, d_2$  - диаметр труб стояка магистрали и обратной отводки, мм;  $q_{расч}$  - тепловая нагрузка нагревательного прибора, Вт;  $l$  - расстояние от перегородки до нагревательного прибора, мм;  $h$  - расстояние от пола до потолка, мм

2.7. В системах водяного отопления и горячего водоснабжения индивидуальных домов (рис. 11) применяют стальные водогазопроводные трубы диаметром 15-50 мм. При прокладке трубопроводов уклон должен быть не менее 0,003-0,005; для подающих трубопроводов - от источника теплоты к нагревательным приборам, а для обратных - от нагревательных приборов к источнику теплоты. Трубы водогазопроводные соединяют на резьбе с помощью муфт и фасонных элементов: тройников угольников, переходных муфт, крестовин, а также имеют запорно-регулирующую арматуру - вентили, задвижки и проходные краны.



**Рис. 11. Аксинометрическая схема трубопроводов квартирной системы отопления, совмещенная с горячим водоснабжением:**

**1 - подающий трубопровод системы отопления; 2 - обратный трубопровод системы отопления; 3 - трубопровод горячего водоснабжения; 4 - источник теплоты; 5 - расширительный бак; 6 - нагревательные приборы**

2.8. Расширительный бак в системе водяного отопления служит для создания статического давления и выпуска воздуха. Расширительный бак изготавливают цилиндрической или прямоугольной формы из листовой стали толщиной 3-4 мм. Соединение листов стали делается с помощью сварки. Как правило, расширительный бак устанавливают в утепленной будке на чердаке отапливаемого здания в наивысшей точке системы и закрывают тепловой изоляцией.

2.9. В качестве источника теплоты в зоне застройки сельских населенных мест для повышения санитарно-гигиенических условий в помещениях отапливаемого здания с горячим водоснабжением применяют водяные стальные и чугунные котлы.

2.9.1. Наиболее высокие технические свойства имеют двухфункциональные генераторы теплоты, обеспечивающие одновременно тепловые нагрузки отопления и горячего водоснабжения (табл. 6-8).

Таблица 6. Технические характеристики водогрейных чугунных котлов КЧМ-2 (рис. 12)

Площадь поверхности нагрева котла, м <sup>2</sup>	Тепловая мощность, кВт	Количество секций	Длина котла L, м	Необходимое разрежение за котлом, Па	Масса, кг
1,67	19,8	4	345	12	278
2,11	24,4	5	435	12	322
2,51	29,0	6	593	15	365

Примечания: 1. Тепловая мощность указана при сжигании измельченных до определенного размера каменных углей, антрацита АО, брикетов малозольного топлива, природного газа, легкого жидкого топлива.

2. Братский завод отопительного оборудования выпускает такие же котлы, но шириной 470, высотой 1100 и длиной соответственно 390, 480, 570, 660, 750, 840 и 930 мм.

3. Котлы рассчитаны на рабочее давление до 0,2 МПа и температуру нагреваемой воды до 90°С, предназначены для работы на естественной (через дымовую трубу) тяге.

Таблица 7. Технические характеристики стальных водогрейных котлов КВ (ТС).

Площадь поверхности нагрева, м <sup>2</sup>	Тепловая мощность, кВт	КПД, %, не менее	Объем, м <sup>3</sup> , не менее	Габаритные размеры котла, мм	Масса, кг, не более
0,87	11,6	75	26	580×370×780	100
1,06	14,0	75	30	675×410×850	130
1.2	17,5	75	45	695×420×1070	175

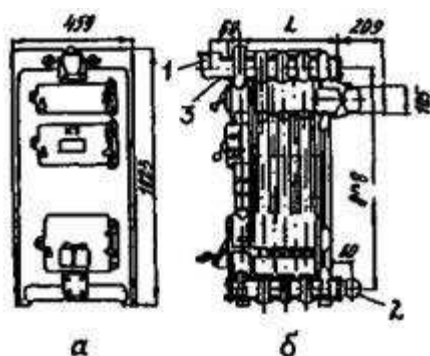


Рис. 12. Отопительный котел КЧМ-2:

а - общий вид; б - разрез; 1, 2 - трубопровод соответственно подводящий  $d = 50$  мм и отводящий  $d = 60$  мм; 3 - отверстие для термометра

Таблица 8. Технические характеристики чугунных водогрейных малометражных котлов КЧМ-3

Показатели	Площадь поверхности нагрева котла, м <sup>2</sup>		
	1,39	1,84	2,33
Тепловая мощность, кВт при сжигании:			
грохоченых каменных углей, антрацитов, брикетов малозольного топлива	16,2	21,4	27,2
легкого жидкого топлива	15,1	19,7	25,5
природного газа	15,1	19,7	26,6
Количество секций	3	4	5
Габаритные размеры котла, мм	350×480×1150	460×480×1150	560×480×1150
Масса, кг	207	249	292

Отопительный водогрейный чугунный котел (табл. 9) КЧМ-ЗДГ-М и КЧМ-ЗДГ-А предназначены для теплоснабжения индивидуальных домов, оборудованных водяными

системами отопления с естественной и принудительной циркуляцией теплоносителя с рабочим давлением до 0,5 МПа.

Таблица 9. Технические характеристики котлов КЧМ-ЗДГ-М, КЧМ-ЗДГ-А

Давление, МПа	Габаритные размеры, мм <sup>1</sup>			Количество секций	Мощность, кВт	Масса котла, кг, не более <sup>1</sup>
	длина	ширина	высота			
до 0,5	450/415	460/460	1070/1070	3	16,5	224/215
	555/520	460/460	1070/1070	4	23,0	270/261
	660/625	460/460	1070/1070	5	29,0	319/306
	765/730	460/460	1070/1070	6	35,0	365/354

<sup>1</sup> В числителе - КЧМ-ЗДГ-М, в знаменателе - КЧМ-ЗДГ-А.

Котел КС-ТГ-16 (табл. 10) предназначен для теплоснабжения жилых зданий строительным объемом 260 м<sup>3</sup> по наружному обмеру, оборудованных системами отопления непрерывного действия, с естественной или принудительной циркуляцией теплоносителя. Котел комплектуется газогорелочными устройствами АГУК-2 или Пламя-1.

Таблица 10. Технические данные котлов КС-Т-16, КС-ТГ-16

Параметры	Газогорелочное устройство	
	АГУК-2	Пламя-1
Номинальная мощность, кВт		16
КПД, % при сжигании природного газа		84
Давление природного газа перед котлом Па, номинальное	1300	1270
Параметры теплоносителя		
абсолютное давление, МПа	0,2	
температура, °С, не более	95	
разряжение за котлом, Па не более	25	
Габаритные размеры, мм		
КС-Т-16	745×455×1000	745×455×1000
КС-ТГ-16	760×560×1000	715×480×1000
Масса, кг		
КС-Т-16	148	148
КС-ТГ-16	160	160

Отопительный котел КС-Т-12,5; КС-Т-12.5К «Крым» (г. Севастополь) - стальной водогрейный предназначен для теплоснабжения индивидуальных жилых домов строительным объемом до 210 м<sup>3</sup>. Котел предназначен для работы на твердом топливе и может быть переоборудован для работы на газообразном топливе с использованием автоматики АПОК-1-1 с газогорелочным устройством. Котлы отличаются между собой комплектующими деталями. При эксплуатационной мощности (13,1 кВт) котла

температура горячей воды не должна превышать 95°C, абсолютное давление воды 0,2 МПа. Габаритные размеры 442×596×1066 мм.

2.9.2. Аппараты бытовые используют в качестве отопительных и водонагревательных устройств в малометражных домах и квартирах.

Аппараты АГВ используют либо только для отопления либо для горячего водоснабжения ввиду разных режимов теплоотопления. Номинальная тепловая мощность 7 и 13,9 кВт.

Аппараты АОГВ-10-1-V снабжены дилатометрической системой автоматики регулирования температуры воды. Они предназначены для работы на природном газе давлением перед аппаратом 6.8-18 Па. Аппараты АОГВ-10-3-V отличаются конструкцией теплообменника, выполненного в виде двух концентрических встроженных обечаек, образующих заполненную водой полость - котел.

Аппараты АОГВ-15-1-V - система автоматики представляет собой блок, сочетающий ЭМК с регулятором температуры воды.

Аппараты АОГВ-20-3-V - система автоматики, которой основана на принципе пневматического устройства мембранного типа, включает блок безопасности и блок регулирования, соединенные с датчиками контроля пламени, тяги и температуры воды.

Аппарат АКГВ комбинированный, служит для отопления и горячего водоснабжения. Габаритные размеры его, мм: высота 1470; ширина 550; глубина 685. Масса 200 кг; номинальная мощность  $P_n = 23,2$  кВт.

Аппараты АОГВ-11,6-IV применяются для теплоснабжения квартирных систем водяного отопления с теплопотерями до 9300 кВт. Работает на природное газе,  $P_n = 11,6$  кВт.

2.9.3. Аппараты отопления с температурой нагреваемой воды до 90°C в негазифицированных районах страны работают на жидком топливе, так как оно доступнее, дешевле и удобнее твердого топлива.

Процессы сжигания жидкого топлива можно автоматизировать, что облегчает обслуживание отопительных аппаратов в бытовых условиях. В настоящее время выпускается несколько типов аппаратов на жидком топливе.

Аппараты АОЖБ-20 конструктивно отличаются в зависимости от исполнения аппарата (АОЖБ-20,-20Т,-20А) и установленного дозатора (ДТ-1; 2; 3). Могут быть одна-две ручки управления дозатором и настройки терморегулятора. Дозаторы предназначены для регулирования тепловой мощности аппарата (расхода топлива), обеспечения постоянства установленного расхода и автоматического прекращения подачи топлива в случае перенаполнения,  $P_n = 23,2$  кВт.

2.9.4. Там, где твердое топливо (уголь, торф, дрова) доступнее других видов топлива, применяют его в бытовых целях достаточно широко. КПД аппаратов, работающих на твердом топливе, не превышает 65 %. Для них нельзя применять автоматические устройства управления и регулирования по теплопроизводительности, используемые для аппаратов, работающих на газовом и жидком топливах.

Аппараты АОТВ-15 отопительный, КС-2, КС-3 - отопительный и водогрейный, тепловая мощность которых соответственно 23,5; 14; 17,5 кВт.

Техническая характеристика аппарата АКТВ-Д-17,5 отопительного с горячим водоснабжением приведена ниже.

Тепловая мощность, кВт	17,5
Расход твердого топлива, кг/ч:	
антрацит	3,1
каменный уголь	3,35
бурый уголь	4,15
КПД аппарата, %	70
Количество воды в теплообменнике, л:	
отопления	65
горячего водоснабжения	35
Количество топлива в бункере, л	60
Длительность работы аппарата в номинальном режиме, ч	12-20
Масса, кг	220

2.9.5 Фирма «Яспи и Мякинен» (Финляндия) выпускает более 50 % котлов для отопительных систем односемейных домов, предназначенных для использования таких видов топлива, как масло, газ, горючие сланцы, дрова, уголь. Фирма «Ясин и Мякинен» сотрудничает в области исследований с ВИЭСХом.

Котел ЯМЯ ПУУ 141 работает на твердом топливе по принципу верхнего сгорания. Котел с верхним сгоранием следует всегда подключать к тепловому аккумулятору, причем обеспечивается высокий общий КПД и умеренный объем работ по уходу, тепловая мощность которого от 20 до 40 кВт.

Площадь отапливаемого здания, м	Емкость резервуара, ПУУ 141, л
80-120	1150
120-160	1800

Котел ЯМЯ-КАКСИКК0 оборудован двумя отдельными топками для сжигания дров и при работе на мазуте и двумя соединительными муфтами для установки электросопротивлений для отопления электроэнергией.

Котел ЮНИОР является комбинированным и работает на твердом и жидком топливе с высоким КПД.

В котле ЮНИОР Е термически комбинированы электрический котел и традиционный комбинированный. При работе на электроэнергии обогревается только верхняя его часть. На электрической части предусмотрена автоматическая система регулирования, обеспечивающая отопление с помощью выбора мощности, при которой поддерживается постоянная температура воды в котле. Тепловой эффект при работе на мазуте высокий (табл. 11).

Таблица 11

Котел	Габаритные размеры, мм (ширина,	Размеры камеры сгорания, мм (ширина,	Верхнее пространство, мЗ	Масса, кг	Мощность, кВт Твердое элект-топливо мазут рознер-
-------	---------------------------------	--------------------------------------	--------------------------	-----------	---

	глубина, высота)	глубина, высота)				гия
ЮНИОР-125	630×650×1500	290×390×650	20,7	250	15-25	10-20 0-13
ЮНИОР-146	640×830×1500	360×620×660	25,5	320	25-40	15-30 0-13

Тепловые аккумуляторы Энергиакантти и Энергаипакки - это резервуары с небольшими габаритными размерами, которые могут быть доставлены в помещение через дверной проем шириной 70-80 см.

По способности накопления энергии тепловые аккумуляторы спроектированы в соответствии с требованиями передовой технологии, и они могут быть применены для различных целей. Конструкция, оборудованная двумя теплообменниками расходной воды, позволяет эффективное пользование емкости аккумулятора. Благодаря переборке и расположению соединений электросопротивлений может быть обогрета только часть резервуара. Вода, применяемая для отопления, постоянно циркулирует, т.е. она не содержит свободного кислорода, и таким образом, не вызывает коррозии металла. Вода для бытовых нужд, как правило, подается через медный теплообменник, который антикоррозионен. Вода для хозяйственно-бытовых нужд при проходе через теплообменник из медной трубы нагревается от +5 до 60°C.

Тепловая энергия накапливается в дневное время в тепловом аккумуляторе емкостью 1800 л. Для обеспечения постоянной комнатной температуры требуется автоматическая система, поддерживающая во внутренних помещениях температуру от +20 до +22°C независимо от колебаний температуры наружного воздуха. При этом экономится энергия и обеспечивается удобство проживания. Вода циркулирует в системе с помощью небольшого насоса, причем уменьшаются затраты на трубопровод, так как диаметр трубопровода может быть значительно меньше, чем при системе естественной циркуляции. Кроме того, температура воды регулируется с высокой точностью. В системе водяного отопления предусмотрен расширительный бачок, расположенный выше уровня расположения самого верхнего радиатора. Таким образом обеспечивается заполнение системы водой до полной емкости и исключаются перебои в циркуляции. Для отвода дымовых газов требуется дымовая труба, которая изготовлена из кислотостойкой стали.

2.10. Для надежной работы системы отопления рекомендуется, чтобы центр нагрева воды в источнике теплоты был ниже центра охлаждения - центра нагрева приборов. Центр нагрева воды в котле принимают на высоте 250 мм от уровня колосниковой решетки. Поэтому котлы устанавливают в подвальных помещениях или в приямах минимальной глубины 250-300 мм в соответствии со [СНиП II-35-76](#).

2.11. Площадь сечения дымовой трубы (см<sup>2</sup>) генератора теплоты квартирного отопления (принимается не менее 1/2×1/2 кирпича) находят по формуле

$$F_{г\ T} = \frac{0,03q_{сист}}{\sqrt{h}},$$

где  $q_{сист}$  - максимальная теплопроизводительность генератора теплоты, Вт;

$h$  - высота дымовой трубы (расстояние по вертикали от уровня колосниковой решетки до устья трубы), м.

Генераторы теплоты рекомендуется размещать так, чтобы перед его фронтом было расстояние не менее 1 м, а с боков - не менее 30 см. Расстояние между верхом генератора теплоты и перекрытием должно быть не менее 20 см.

Помещение, где установлен генератор теплоты, обязательно должно быть оборудовано вытяжной вентиляцией с естественным побуждением, обеспечивающей не менее чем трехкратный обмен воздуха в 1 ч.

2.12. В водяной системе отопления надо производить периодическую подпитку для того, чтобы в расширительном баке всегда была вода.

Летом квартирная система отопления должна быть заполнена водой, а иначе трубопроводы и нагревательные приборы будут подвержены интенсивной коррозии, что вызовет нарушение работы системы отопления в зимний период и удлинит сроки ее эксплуатации.

Если система отопления совмещена с горячим водоснабжением, на летний период, когда отоплением не пользуются, а горячее водоснабжение работает, трубопроводы отопления отключаются с помощью имеющихся на них кранов.

### 3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

3.1. В теплотехнические расчеты наружных ограждений отапливаемого дома входит определение сопротивления теплопередаче ограждений. Общее сопротивление теплопередаче ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ) многослойного ограждения  $R_0$  определяют по формуле

$$R_0 = R_{в} + R_1 + R_2 + R_{вп} + R_3 + \dots + R_n, \quad (1)$$

где  $R_{в}$ ,  $R_n$  - сопротивление тепловосприятию и теплоотдаче соответственно у внутренней и наружной поверхностей,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  (табл. 12);

$R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  - термическое сопротивление отдельных слоев ограждения  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$R_{вп}$  - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  (табл. 13).

Таблица 12. Коэффициенты тепловосприятия  $\alpha_{в}$ , теплоотдачи  $\alpha_n$  и сопротивления тепловосприятию  $R_{в}$ ,  $R_n$  у внутренней и наружной поверхностей ограждения

Характеристика поверхностей	$\alpha$ , $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$	$R$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
Внутренняя поверхность		
Внутренние поверхности стен, полов, а также потолков, гладких или со слабо выступающими и редко расположенными ребрами, отношение высоты $h$ , которых к расстоянию «а» между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	0,7	0,15
Потолки с выступающими ребрами при $h/a > 0,3$	7,6	0,18

Наружная поверхность		
Поверхности, соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом - наружные стены, бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) и пр.	20	0,06
Поверхности, непосредственно не соприкасающиеся с наружным воздухом: выходящие на чердак	12	0,116
над холодными подвалами и подпольями	5	0,23

Таблица 13. Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек  $R_{вп}$

Толщина прослойки, мм	$R_{вп}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт			
	для горизонтальных прослоек при потоке теплоты:			
	снизу-вверх, для вертикальных прослоек		сверху-вниз	
	летом	зимой	летом	зимой
10	0,13	0,15	0,14	0,15
20	0,14	0,15	0,15	0,19
30	0,14	0,16	0,16	0,21
50	0,14	0,17	0,17	0,22
100	0,15	0,18	0,18	0,23
150	0,15	0,18	0,19	0,24
200-300	0,15	0,19	0,19	0,24

При определении сопротивления теплопередаче ограждения  $R_0$  воздушной прослойкой, сообщающейся с наружным воздухом, в расчет вводят только ту часть конструкции, которая расположена между прослойкой и помещением. Значение  $R_{вп}$  учитывается в расчетах при ее толщине от 10 до 300 мм.

3.2. Термическое сопротивление отдельных однородных слоев ограждения м<sup>2</sup>·°С/Вт определяют по формуле

$$RN = \delta / \epsilon \lambda, \quad (2)$$

где  $\delta$  - толщина слоя материала, мм;

$\epsilon$  - коэффициент качества теплоизоляции наружного ограждения (для наружных ограждений, утепленных материалов, подверженных уплотнению, деформации или усадке, например, стиропор, минераловатные плиты, войлок и другое независимо от объемной массы принимают  $\epsilon = 1,2$ ; для ограждений, утепленных теплоизоляционными материалами с объемной массой менее 400 кг/м<sup>3</sup>, за исключением материалов, указанных выше,  $\epsilon = 1,1$ , а для всех прочих наружных ограждений  $\epsilon = 1$ );

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности Вт/(м·°С);

$\gamma$  - объемная масса материала с учетом пустот, кг/м<sup>3</sup>.

Обозначения приняты по [СНиП II-3-79\\*\\*](#).

3.3. Найденное общее сопротивление теплопередаче ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) наружного ограждения  $R_0$  должно быть не менее требуемых  $R_0^{\text{тп}}$  по теплотехническим нормам, вычисленных по формуле

$$R_0^{\text{тп}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})^{\text{н}}}{\Delta t^{\text{н}}} R_{\text{г}}, \quad (3)$$

где  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{н}}$  - температура воздуха соответственно в помещении и наружного,  $\text{°C}$ ;

$\Delta t^{\text{н}}$  - нормируемый температурный перепад между температурой воздуха в помещении и температурой внутренней поверхности ограждения (в жилом помещении для наружных стен он равен  $6\text{°C}$ , для бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий  $4\text{°C}$ );

$n$  - коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху, дан ниже.

Наружные стены, бесчердачные покрытия и перекрытия над проездами - 1

Чердачные перекрытия и бесчердачные покрытия с вентилируемыми продувками - 0,9

Перекрытия над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли - 0,75

Перекрытия над неотапливаемыми подвалами при наличии окон в наружных стенах подвала - 0,6

То же, при отсутствии окон - 0,4

3.4. Принятые строительные конструкции наружных ограждений всегда должны иметь небольшой запас сопротивления теплопередаче. Наиболее экономичное решение получается при  $R_0 = R_{\text{тп}0}$ . При массовом строительстве с применением крупнопанельных элементов с дешевыми и эффективными теплоизоляционными материалами иногда экономичнее проектировать наружные ограждения с сопротивлением теплопередаче  $R_0 > R_{\text{тп}0}$ . При этом сопротивление теплопередаче конструкции повышается благодаря увеличению толщины более дешевого теплоизоляционного слоя. При расчете сопротивления теплопередаче многослойных стеновых панелей учитывается возможное ухудшение теплотехнических качеств утеплителей, а также повышенное воздухопроницание через стыковые соединения панелей. Для слоистых панелей наружных стен и бесчердачных покрытий жилых домов сопротивление теплопередаче  $R_0 \geq 1,1R_{\text{тп}0}$ . Если строительные конструкции наружных ограждений выбраны при  $R_0 > R_{\text{тп}0}$ , конденсация водяных паров не проверяется.

3.5. Основные потери теплоты ( $\text{Вт}$ ) через ограждающие конструкции здания

$$Q = F \cdot k \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где  $F$  - площадь ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$k$  - коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ,  $k = 1/R_0$ ,

$\Delta t$  - разность температур ( $t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$ ),  $\text{°C}$ ;

$lt$  - поправочный коэффициент на разность температур приведен ниже.

#### Характеристика ограждений

Полы на грунте и на лагах - 1

Чердачные перекрытия при стальной, черепичной или асбоцементной кровлях по разреженной обрешетке и бесчердачные покрытия с вентилируемыми продувами - 0,9

То же, по сплошному настилу - 0,8

Чердачные перекрытия при кровлях из рулонных материалов - 0,75

Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, сообщающихся с наружным воздухом, за исключением неотапливаемых подвалов - 0,7

То же, для отделяющих отапливаемые помещения от неотапливаемых, не сообщающихся с наружным воздухом - 0,4

Перекрытия над подпольями, расположенными ниже уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с  $R0 > 0,86 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  - 0,4

То же, с  $R0 \leq 0,86 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  и для перекрытий над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли - 0,75

Перекрытия над неотапливаемыми подвалами, расположенными ниже уровня земли или имеющими наружные стены, выступающие над уровнем земли на высоту до 1 м, при наличии окон в этих стенах - 0,6

То же, при отсутствии окон - 0,4

3.6. Для сельских жилых домов площадь измеряют следующим образом:

1). площадь наружных стен измеряют в плане по внешнему периметру между углами стен; измерения высоты зависят от конструкции пола и производят их от внешней поверхности пола по грунту, от поверхности подготовки под конструкцию пола на лагах, от нижней поверхности перекрытия над подпольями или неотапливаемыми подвалами до верха конструкции чердачного перекрытия;

2). площадь окон, остекленных дверей и фонарей, измеряют по наименьшему строительному проему.

Для удобства выбора наружных ограждений с последующим расчетом теплопотерь по (4) в табл. 14-15 приведены необходимые теплотехнические и конструктивные данные для наружных ограждений.

Таблица 14. Значение  $R0$  и  $1/R0$  для оконных и дверных проемов в деревянных переплетах

Конструкция	Расстояние	
	между стеклами, мм	$R0, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ $1/R0, \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$

Одинарный переплет:

одинарное остекление		0,18	5,8
двойное остекление	35-25	0,39	2,9
Двойной переплет:			
раздельный с двойным остеклением	150-75	0,37	2,7
спаренный с двойным остеклением	60-30	0,39	2,9
Двери из стекла одинарные	-	0,15	6,4
То же, двойные	-	0,27	3,7
Наружные двери и ворота деревянные одинарные	-	0,21	4,6
То же, двойные	-	0,43	2,3

Таблица 15. Добавочные теплопотери

Помещения и здания	Виды ограждений, через которые происходят добавочные теплопотери	Добавочные теплопотери, %, к основным
Помещения в зданиях любого назначения	Вертикальные и наклонные наружные ограждения (стены, двери и светопроемы), обращенные на: север, восток, северо-восток и северо-запад	10
	юго-восток и запад	5
	Вертикальные и наружные ограждения зданий, в местностях со средней скоростью ветра до 5 м/с включительно:	
	защищенные от ветра	5
То же, при двух и более наружных стенах (угловые)	не защищенные от ветра (в зданиях расположенных на возвышенностях, у рек, озер, на берегу моря или на открытой местности;	10
	Наружные стены и окна	5

### 3.7. Теплопотери (Вт) через отдельные зоны пола

$$Q_n = F_n \frac{1}{R_n} (t_z - t_n), \quad (5)$$

где  $F_n$  - площадь данной зоны, м<sup>2</sup>;

$R_n$  - сопротивление теплопередаче конструкции пола данной зоны, м<sup>2</sup>·°С/Вт.  
Сопротивление теплопередаче конструкции пола:

а) для неутепленных полов (табл. 16).

Таблица 16. Сопротивление теплопередаче конструкции пола для неутепленных полов

Номер зоны	$R_{н.п}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$1/R_{н.п}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
Первая	2,15	0,46
Вторая	4,3	0,23
Третья	8,6	0,12
Четвертая	14,2	0,069

б) для утепленных полов ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ )

$$R_{y,n} = R_{n,n} + \sum \frac{\sigma_{y,c}}{\lambda_{y,c}}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{y,c}$  - толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_{y,c}$  - коэффициент теплопроводности утепляющего слоя,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

в) для полов на лагах ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ )

$$R_n = \frac{1}{0,85} R_{y,n}. \quad (7)$$

Неутепленными полами считаются поли, конструкция которых независимо от толщины состоит из слоев материалов, имеющих коэффициент теплопроводности  $\lambda \geq 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , утепленными полами - полы с утепляющими слоями из материалов, имеющих коэффициент теплопроводности  $\lambda < 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

3.8. Полученные результаты расчета теплотерь сводят в бланк по форме, приведенной в табл. 17.

Таблица 17

№ п.п.	Наименование помещения	Наименование ограждения	Ориентация сторон света	Размер ограждения $a \times b$	Площадь ограждения $F$ , $\text{м}^2$
1	2	3	4	5	6

Окончание табл. 17

Разность температур	Поправочный коэффициент разности температур	Коэффициент теплопередачи $k$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	Теплотери $Q$ , Вт	Надбавки добавочных теплотерь, Вт	Общие теплотери $\sum Q$ , Вт
7	8	9	10	11	12

## 4. РАСЧЕТ ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ И НАСОСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Каждая отопительная установка, предназначенная для поддержания в помещениях сельского дома заданной температуры воздуха, состоит из трех основных элементов: генератора теплоты, в котором теплоносителю передается необходимое количество теплоты, системы трубопроводов для перемещения по ним теплоносителя, нагревательных приборов, передающих теплоту от теплоносителя воздуху и ограждениям помещения.

Наибольшее распространение получила 2-трубная система водяного отопления. Основное требование этой системы - бесперебойная подача теплового потока ко всем присоединенным нагревательным приборам. Для этого она должна обладать тепловой устойчивостью, т.е. способностью при регулировании пропорционально изменять теплоотдачу всех присоединенных приборов, к условиям тепловой устойчивости системы относится ее гидравлическая устойчивость или способность изменять расход теплоносителя во всех присоединенных приборах пропорционально изменению общего расхода в системе либо сохранять его постоянным при постоянстве общего расхода. Для этих же целей должно быть обеспечено самостоятельное регулирование теплоотдачи приборов, установленных в разных помещениях.

Система отопления должна отвечать архитектурно-планировочным и конструктивным особенностям здания: нагревательные приборы и трубопроводы не должны портить вида помещения и в то же время должны быть доступны для осмотра, ремонта и замены.

Система должна быть проста в эксплуатации: выпуск из нее воздуха, промывка, спуск воды из отдельных ее частей при ремонте должны предусматриваться в удобных и доступных местах. При прочих равных условиях капитальные затраты и расход металла на сооружение системы должны быть наименьшими. Любая система водяного отопления с местными нагревательными приборами - это замкнутая сеть трубопроводов с присоединенными нагревательными приборами, по которой циркулирует горячая вода от узла подготовки теплоносителя к нагревательным приборам и охлажденная в них - обратно к узлу подготовки теплоносителя. В односемейных домах, как правило, применяют системы с естественной и насосной циркуляцией.

Система отопления с естественной циркуляцией воды по сравнению с насосной системой имеет недостатки:

- сокращен радиус действия (до 20 м по горизонтали) из-за небольшого циркуляционного давления;
- повышена первоначальная стоимость (до 5-7 % стоимости здания) в связи с применением труб увеличенного диаметра;

- увеличены расходы металла;
- замедленно включение системы в действие;
- повышена опасность замерзания воды в трубах, проложенных в неотапливаемом помещении.

Вместе с тем имеются преимущества, предопределяющие в отдельных случаях ее выбор: простота устройства и эксплуатации;

- независимость действия от снабжения электрической энергией;
- долговечность (35-40 лет и более без капитального ремонта);
- саморегулирование, обуславливающее ровную температуру помещений;
- тепловая устойчивость.

Расчет систем водяного отопления складывается из гидравлического и теплового. Расчет систем с местными нагревательными приборами предусматривает выбор диаметров отопительной сети, обеспечивающих требуемый расход теплоносителя в каждом приборе, и определение поверхности нагрева приборов из условия их теплоотдачи, заданной расчетом тепловой потребности помещений. Правильно выполненный гидравлический расчет исключает необходимость пускового регулирования системы кранами на стояках и у нагревательных приборов а также установку в отопительной сети диафрагм либо иных искусственных сопротивлений.

Точность гидравлического расчета определяется точностью подбора нагревательных приборов по заданной тепловой нагрузке с учетом их номенклатурного шага. Это позволит без ущерба для точности конечных результатов расчета исключить из рассмотрения второстепенные факторы, а также принять для многих исходных величин их усредненные значения,

#### 4.1. Расчет поверхности нагрева и выбор нагревательных приборов.

##### 4.1.1. Поверхность нагревательных приборов (м<sup>2</sup>)

$$F_{np} = \frac{q_{np}}{k_{np}(t_{np} - t_o)} \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \quad (8)$$

где  $q_{np}$  - теплоотдача нагревательных приборов для компенсации теплотерь помещения, Вт;

$t_{np}$  - средняя температура теплоносителя в приборе при водяной системе отопления, °C

$$t_{np} = \frac{t_n + t_0}{2}, \quad (9)$$

где  $t_n$ ,  $t_0$  - температура воды, поступающей, в прибор и выходящей из прибора;

$t_{в}$  - температура воздуха в помещении;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  - поправочные коэффициенты соответственно на количество секций радиаторов (только для водяной системы отопления), на остывание воды в трубах в зависимости от вида системы, на способ установки прибора;

$a$  - поправка на изменение коэффициента теплопередачи в зависимости от относительного расхода воды, протекающей через прибор (табл. 18);

$k_{пр}$  - коэффициент теплопередачи нагревательного прибора (табл. 5), Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

Таблица 18. Коэффициент  $a$ , учитывающий изменение относительного расхода воды, протекающей через радиатор

$\bar{g}$	$a$	$\bar{g}$	$a$	$\bar{g}$	$a$
0,3	0,86	0,8	0,97	5	1,05
0,4	0,89	0,9	0,99	6	1,05
0,5	0,91	1	1	7	1,06
0,6	0,93	3	1,03	7	1,07
0,7	0,95	4	1,04		

Найденная по формуле (8) поверхность нагрева  $F_{пр}$ , в зависимости от типа отопительного прибора умножается на переводной коэффициент (табл. 2).

4.1.2. Поверхность нагревательных приборов водяного отопления (экм)

$$F_{пр} = \frac{Q_{пр}}{4,98(\Delta t_T - 10)\alpha \cdot z} \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3, \quad (10)$$

где  $\Delta t$  - разность между средней температурой теплоносителя в приборе и температурой воздуха в помещении, °C;

$z$  - поправка, учитывающая различные способы подачи воды в приборы по экспериментальным данным (для схемы подачи воды сверху-вниз  $z = 1$ ).

4.1.3. Количество (шт.) секций приборов

$$n_c = \frac{F_{пр}}{f_c}, \quad (11)$$

где  $f_c$  - поверхность нагрева одной секции радиатора или ребристой трубы, экм.

4.1.4. Относительный расход воды  $\bar{g}$  через прибор - отношение расхода воды через 1 экм прибора к нормальному расходу, равному 17,4 кг/(ч·экм). Относительный расход воды вычисляют по формуле

$$\bar{g} = \frac{7,98(\Delta t_T - 10)}{\Delta t_{пр} \cdot 17,4} = \frac{q_3}{\Delta t_{пр} \cdot 17,4}, \quad (12)$$

где  $\Delta t_{пр}$  - перепад температур теплоносителя в нагревательном приборе, °С;

$q_{э}$  - теплоотдача прибора, Вт·экм.

4.1.5. Зная теплотери и температуру помещения, легко найдем требуемое к установке количество секций, поверхность нагрева и теплоотдачу радиаторов (без надбавок на охлаждение воды в трубах).

В табл. 19-21 для радиаторов теплоотдача указана с поправкой на количество секций, результаты даны с точностью до 5,8 Вт. Возможна замена одних приборов другими при разных теплоносителях и внутренних температурах отапливаемых помещений, но при условии одинакового способа установки приборов.

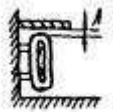
Таблица 19. Коэффициент  $\beta_1$  в зависимости от количества секций радиатора

Количество секций	$\beta_1$	Количество секций	$\beta_1$	Количество секций	$\beta_1$
2	0,96	6	0,99	10-11	1,01
3	0,96	7	1,00	12-14	1,01
4	0,97	8	1,00	15-16	1,02
5	0,98	9	1,00	19-25	1,03

Таблица 20. Коэффициент  $\beta_2$ , учитывающий остывание воды в трубах систем водяного отопления с насосной циркуляцией, двухтрубной системы

Количество этажей	Рассчитываемый этаж при прокладке трубопроводов			
	скрытой		открытой	
С верхней разводкой				
2	1,05	-	1,05	-
С нижней разводкой				
2	-	1,03	-	1,05

Таблица 21. Коэффициент  $\beta_3$ , учитывающий способ установки нагревательного прибора

Эскизы	A, мм	$\beta_3$
	40	1,05
	80	1,03
	100	1,02

## 4.2. Расчет поверхности нагревательных приборов с учетом теплоотдачи трубопроводов

При подборе количества секций радиаторов необходимо учитывать полезное тепловыделение в помещениях открыто проложенными стояками и подводками к приборам, что дает экономию в поверхности нагрева радиаторов до 8-15 %.

4.2.1. Количество теплоты  $Q_T$ , дополнительно поступающее в помещение от открыто проложенного трубопровода системы отопления

$$q_T = \pi d l k_{пр} \epsilon_T (t_T - t_B), \quad (13)$$

где  $d$  - диаметр условного прохода трубопровода, мм;

$l$  - длина трубопровода, м;

$\epsilon_T$  - коэффициент, зависящий от месторасположения трубопровода в помещении (табл. 22).

Таблица 22. Коэффициент  $\epsilon_T$ , зависящий от месторасположения трубопровода в помещении

Положение трубы в помещении	$\epsilon_T$	Поверхность нагрева гладких стальных труб, экм					
		диаметр условного прохода трубы $d$ , мм					
		15	20	25	32	40	50
Подводки и сцепки к приборам	1,00	0,12	0,15	0,19	0,24	-	-
Обратные трубопроводы у пола	0,75	0,06	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28
Стояки	0,50	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
Подающие трубы под полом	0,25	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09

Зная длину и диаметр трубы, а также  $\Delta t_T = t_{пр} - t_B$ , вычисляют по (3) полезную теплоотдачу элементами открыто проложенных в помещении труб.

4.2.2. Расчетная теплоотдача прибора,  $Q_{пр}$ , принимается как разность между номинальной и полезной теплоотдачей труб

$$q_{пр} = q_n - q_T. \quad (14)$$

4.2.3. Установочная поверхность нагревательных приборов уменьшается на значение поверхности нагрева открыто проложенных труб в отапливаемом помещении

$$F_{уст} = F_{пр} - F_T. \quad (15)$$

Дополнительная полезная поверхность нагрева стальных труб при расчете отопительных приборов учитывается по табл. 22.

Для более точного определения полезной теплоотдачи открыто проложенных труб в помещении в зависимости от их месторасположения и температуры можно пользоваться номограммой [1].

### 4.3. Определение потерь, теряемых обратным трубопроводом

Аналогичными расчетами определяем потери, теряемые обратными трубопроводами, проложенными под полом помещений  $q_b$  по формуле (12).

### 4.4. Трубопроводы и арматура

4.4.1. Прокладку трубопроводов водяных квартирных систем отопления следует предусматривать открытой, за исключением трубопроводов систем водяного отопления со встроенными в конструкции зданий нагревательными элементами и стояками. Трубопроводы водяных квартирных систем отопления с естественной циркуляцией из-за малых циркуляционных давлений должны иметь минимальные местные сопротивления. В остальном они аналогичны трубопроводам, применяемым в центральных системах отопления.

4.4.2. Скорости движения теплоносителя в трубопроводах систем отопления с нагревательными приборами рассчитываются с учетом требований гидравлической и тепловой устойчивости систем по [СНиП 2.04.05-86](#).

Скорости движения теплоносителя не должны превышать для водяных систем отопления и теплоснабжения:

а) в трубопроводах, прокладываемых в основных жилых помещениях, при условных проходах труб 10 мм - 1,5 м/с; 15 - 1,2; 20 и более - 1;

б) в трубопроводах, прокладываемых во вспомогательных жилых помещениях, - 1,5 м/с.

4.4.3. Для трубопроводов систем отопления следует применять трубы, приведенные в табл. 23, 24.

Таблица 23. Трубы для трубопроводов систем отопления ([СНиП 2.04.05-86](#))

Теплоноситель	Трубы с наружным диаметром, мм	
	до 60	более 60
Горячая вода	Электросварные	По <a href="#">ГОСТ 10704-76</a>
Насыщенный пар	Электросварные по <a href="#">ГОСТ 10704-76</a>	
	Стальные обыкновенные по <a href="#">ГОСТ 3262-75</a>	

Примечания: 1. Для трубопроводов при скрытой прокладке, а также для элементов систем отопления, встроенных в строительные конструкции зданий и сооружений, следует применять стальные обыкновенные трубы по [ГОСТ 3262-75](#).

2. Для арматуры и отопительных приборов допускается применять трубы, отвечающие требованиям [ГОСТ 3262-75](#) и гнутых участков [ГОСТ 10704-76](#).

Таблица 24. Технические и гидравлические характеристики 1 м труб систем водяного отопления

ГОСТ	Диаметр трубы, мм			Удельные характеристики				Характеристика гидравлического сопротивления $S_g$ , Па/(кг/ч) <sup>2</sup>
	условный $d_u$	наружный $d_n$	внутренний $d_v$	Масса 1 м трубы, кг	расход $G$ , кг/ч/м/с	динамическое давление, Па/(кг/ч) <sup>2</sup>	Приведенный коэффициент $\lambda/d$ , 1/м	
3262-75 (легкие)	15	21,3	16,6	1,10	766	$838 \cdot 10^{-6}$	2,49	$209 \cdot 10^{-5}$
	20	26,6	22,1	1,42	1360	$267 \cdot 10^{-6}$	1,70	$453 \cdot 10^{-6}$
	32	42,3	36,7	2,73	3740	$351 \cdot 10^{-7}$	0,87	$305 \cdot 10^{-7}$
	40	48,0	42,0	3,33	4900	$204 \cdot 10^{-7}$	0,729	$149 \cdot 10^{-7}$
	50	60,0	54,0	4,22	8110	$748 \cdot 10^{-8}$	0,527	$394 \cdot 10^{-8}$
3262-75 (обыкновенные)	15	21,3	15,7	1,28	685	$105 \cdot 10^{-5}$	2,69	$281 \cdot 10^{-5}$
	20	26,8	21,2	1,66	1250	$315 \cdot 10^{-6}$	1,79	$565 \cdot 10^{-6}$
	32	42,3	35,9	3,09	3580	$383 \cdot 10^{-7}$	0,895	$343 \cdot 10^{-7}$
	40	48,0	41,0	3,84	4670	$225 \cdot 10^{-7}$	0,753	$169 \cdot 10^{-7}$
	50	60,0	53,0	4,38	7810	$806 \cdot 10^{-8}$	0,54	$435 \cdot 10^{-8}$
10704-76 (электросварные)	50	57,0	51,0	-	7150	$940 \cdot 10^{-8}$	0,60	$5,6 \cdot 10^{-6}$
	70	57,0	51,0	-	13600	$265 \cdot 10^{-8}$	0,377	$1,06 \cdot 10^{-6}$
	80	89,0	83,0	6,36	19200	$134 \cdot 10^{-8}$	0,304	$407 \cdot 10^{-9}$

4.4.4. Запорная арматура в квартирных системах отопления состоит из вентиля на трубопроводе, через которые производится питание системы и спуск воды из нее. В качестве такой арматуры диаметром 15-20 мм можно применять обычный проходной вентиль или вентиль «Косва» для горячей воды (с фибровыми прокладками). Линейная арматура на стояках трубопроводов и у котлов в квартирных системах отопления, как правило, не устанавливается. Эти системы обслуживаются одним котлом и имеют небольшое циркуляционное давление, поэтому местные сопротивления, в частности создаваемые линейной арматурой, по возможности уменьшают.

В качестве регулирующей арматуры для отопительных приборов могут применяться все ее разновидности.

#### 4.5. Расширительный бак в системе отопления

В системах водяного отопления (имеющих свои расширительные сосуды) отопительные приборы работают при малых статических напорах до 7-8 м - в двухэтажных помещениях.

4.5.1. Расширительный бак в системе водяного квартирного отопления рекомендуется устанавливать в отапливаемом помещении, поэтому теплоизоляция его наружной поверхности не обязательна. Из-за отсутствия в расширительном сосуде (рис. 13) заливочного отверстия систему заполняют водой из водопровода с помощью ручного насоса. Уровень воды в сосуде определяют по водомерной трубке, верхний конец которой

затянут тканью для предохранения от засорения, сообщается с атмосферой, а нижний через тройник соединен с водяным пространством. Для ручного залива системы водой расширительный сосуд должен иметь вверху заливочное отверстие. При установке расширительного сосуда за пределами квартиры, например на чердаке, его конструкция и присоединение к трубопроводу такие же, как при центральном отоплении.

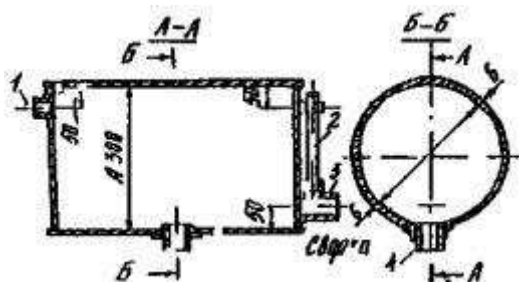


Рис. 13. Расширительный сосуд:

1 - патрубок для присоединения воздушной и переливной линии; 2 - водомерное стекло (трубка); 3 - патрубок для присоединения горячей разводящей линии; 4 - патрубок для присоединения главного стояка

4.5.2. Емкость расширительного бака, л  $V$  определяют

$$V_{P.Б} = 0,0017 q_{\text{сист}}, \quad (16)$$

где  $q_{\text{сист}}$  - максимальная теплопроизводительность генератора теплоты, Вт.

По найденной емкости подбирают размеры расширительных баков (табл. 25).

Таблица 25. Размеры сварных цилиндрических расширительных баков из листовой (3 мм) стали

Марка бака	Емкость, л		Размеры бака, мм		Диаметры подводящих труб, мм			Масса, кг	Размеры будки, см	
	до переливной трубы	полезная	Д	Н	$d_1$ циркуляционной	$d_2$ переливной	$d_3$ соединительной		$l$	$h$
1Е010	100	67	465	710	20	32	25	35,9	105	125
2Е010	150	101	570	710	20	32	25	45,9	115	125
3Е010	200	134	660	710	20	40	25	55,3	125	125
4Е010	300	212	815	710	20	40	25	73,5	140	125
5Е010	400	283	940	710	20	40	25	88,5	155	125
6Е010	500	397	850	1000	25	50	32	97,0	145	155

4.5.3. В зарубежной практике, например, применяют чешский расширительный автоклав «Экспанзонат». Расширительный автоклав предназначен для систем центрального отопления частных домов и применяют его в качестве предохранительного устройства, позволяющего осуществлять тепловое изменение объема воды в закрытой системе, имеющей рабочую температуру до 110°C. Отопительная система должна быть защищена не только от теплового расширения воды, но еще и возможного превышения допустимого значения давления с помощью предохранительного клапана низкого давления.



правило, верхнюю разводку с прокладкой разводящих трубопроводов по чердаку - по тупиковой схеме; при ширине здания до 10 м - в одну нитку, более 10 м - в две с разводкой магистралей от наружных стен не менее чем на 1 м для удобства монтажа и ремонта труб (рис. 14, а).

4.6.2. Обратные магистрали водяного отопления можно прокладывать над полом по периметру наружных стен или в подпольных каналах. При прокладке трубопроводов в непроходных подпольных каналах необходимо обеспечить доступ к трубам на случай их ремонта, для чего перекрытие каналов делается съемным (рис. 14, б). Габаритные размеры каналов позволяют прокладку изолированных труб с наружным уклоном и установкой арматуры на стояках (табл. 26, 27).

Таблица 26. Ширина каналов  $в$ и (см) для изолированных трубопроводов

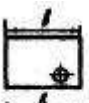
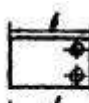

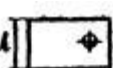

Схема расположения труб в канале	$d_n$ , мм, не более	
		40
	40	45
	-	55

Таблица 27. Высота подпольных каналов  $h$ и (см) для изолированных трубопроводов, проложенных с уклоном 0,003

Схема расположения труб в канале	$d_n$ мм не более	длина канала, м							
		10	20	30	40	50	60	80	100
	40	46	54	54	62	54	62	69	77
	50	54	54	54	62	54	62	69	77

Окончание табл. 27

Схема расположения труб в канале	$d_n$ мм не более	Длина канала, м							
		10	20	30	40	50	60	80	100
	50	62	69	69	77	77	77	85	92
	75	69	69	77	77	77	85	85	92

Примечания: 1. В табл. 26  $d_n$  - наружные диаметры труб (без изоляции); габаритные размеры каналов для заданных условий указаны минимальные. При диаметре стояков 40 мм высота канала увеличивается на 8 см. При высоте канала  $h$ и < 50 см толщина кирпичной стенки  $\delta$  = 12 см, при  $h$ и > 50 см,  $\delta$  = 25 см (рис. 14, б),

2. При прокладке неизолированных труб размеры каналов уменьшаются: по горизонтали - на половину толщины изоляции; по вертикали - на толщину изоляции.

В низких точках обратных разводящих магистралей водяных систем отопления, в местах обводов лестничных клеток и отдельных циркуляционных колец предусматривается установка спускных кранов или тройников с пробками для удаления отдельных участков системы от воды и удаления грязи при прокладке (рис. 14, в).

4.6.3. Все трубы отопления, прокладываемые в подпольных каналах, на чердаке и других местах, где возможно замерзание воды, а также главные стояки тщательно изолируют.

#### **4.7. Гидравлический расчет системы отопления с естественной циркуляцией воды**

4.7.1. Задача гидравлического расчета трубопроводов системы отопления - выбор таких сечений трубопроводов для наиболее протяженного и нагруженного циркуляционного кольца или ветви системы, по которым при располагаемом перепаде давлений в системе обеспечивается пропуск заданных расходов теплоносителя. Располагаемый перепад давлений выражает ту энергию, которая при движении жидкости по трубам может быть израсходована на преодоление сопротивления трения и местных сопротивлений.

4.7.2. Чтобы обеспечить надежную циркуляцию теплоносителя в системе отопления, выполняют гидравлический расчет, в результате которого определяют диаметры трубопроводов. Для этого вычерчивают схему прокладки горячей линии системы отопления, где показаны стояки, приборы. Уклоны графически не указывают, а обозначают стрелками, направленными в соответствующую сторону. После того как схема вычерчена, устанавливают центр нагрева воды в котле (на 150 мм выше колосниковой решетки) и центр охлаждения воды в отопительных приборах (посередине прибора). Затем определяют, находится ли центр воды ниже центра ее охлаждения или наоборот, и измеряют расстояние по вертикали между указанными центрами, а также от центра нагрева воды в котле и отопительных приборах до горячего разводящего трубопровода, считая его условно проходящим на одном уровне.

Кроме того, на схему наносят перегородки между комнатами, пересекаемые трубопроводами, с указанием длины трубопровода между перегородками в каждой комнате.

4.7.3. Расчет системы начинают, как правило, с нумерации участков и определения их длины и тепловой загрузки. При нумерации участков надо иметь в виду, что стояки и горячие подводы к отопительным приборам следует выделять как отдельные участки.

При расчете следует учитывать следующее:

тепловую нагрузку на нагревательные приборы принимают с учетом расчетной теплоотдачи открыто проложенными трубопроводами

$$q_{пр} = q_n = q_t;$$

расчетную теплоотдачу открыто проложенными трубопроводами от их общей теплоотдачи принимают с учетом коэффициента (табл. 22);

поверхность нагревательных приборов определяют по фактической средней температуре воды, проходящей через прибор, т.е. с учетом охлаждения воды в трубах;

расчетный перепад температур в системе  $\Delta t_c = 90 - 70 = 20^\circ\text{C}$ .

#### 4.7.4. Предварительное расчетное давление, Па

$$H_0 = \varepsilon' h_T (L' + h_T) \pm h_1 (\gamma_0 - \gamma_T), \quad (17)$$

где  $\varepsilon'$  - безразмерный коэффициент (для всех неизолированных трубопроводов или одного изолированного главного стояка равен 0,4 и для всех изолированных трубопроводов - 0,16;

$h_T$  - высота расположения горячего разводящего трубопровода над центром нагрева воды в котле, м;

$L'$  - горизонтальное расстояние от данного вертикального стояка до главного, м;

$h_1$  - расстояние по вертикали от центра нагрева воды в котле до середины нагревательного прибора, м (со знаком плюс, если середина прибора выше центра нагрева воды в котле, и со знаком минус, если середина прибора ниже центра нагрева);

$\gamma_0 - \gamma_T$  - разность плотностей воды (кг/м<sup>3</sup>), соответствующих расчетным температурам горячей  $t_T$  и охлажденной  $t_0$  воды в системе отопления (табл. 28);

$g$  - ускорение свободного падения.

Первое произведение в формуле (17) отражает циркуляционное давление, получающееся вследствие охлаждения воды в трубопроводах, второе - давление, обусловленное разницей в высоте расположения котла и прибора. Каждое циркуляционное кольцо в системе имеет свое давление.

Таблица 28. Плотность воды  $\gamma$ , кг/м<sup>3</sup> при температуре 70-95°C через каждые 0,1°C и давлении 101, 3 кПа

$t$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
40	992,24	992,20	992,17	992,13	992,09	992,05	992,01	991,97	991,94	991,90
41	991,85	991,82	991,78	991,74	991,70	991,66	991,62	991,58	991,55	991,51
42	991,47	991,43	991,39	991,35	991,31	991,27	991,23	991,19	991,15	991,11
43	991,07	991,03	990,99	990,94	990,90	990,86	990,82	990,78	990,74	990,70
44	990,65	990,61	990,57	990,53	990,49	990,45	990,41	990,37	990,33	990,29
45	990,25	990,21	990,17	990,13	990,09	990,05	989,99	989,95	989,90	989,85
46	989,82	989,78	989,74	989,69	989,65	989,61	989,57	989,53	989,48	989,44
47	989,40	989,35	989,31	989,27	989,22	989,18	989,15	989,09	989,05	989,00
48	988,98	988,92	988,87	988,83	988,78	988,71	988,70	988,65	988,61	988,56
49	988,52	988,47	988,43	988,38	988,34	988,29	988,25	988,20	988,16	988,11
50	987,97	987,92	987,87	987,82	987,78	987,71	987,70	987,65	987,61	987,56
51	987,52	987,47	987,42	987,38	987,33	987,29	987,23	987,19	987,14	987,09
52	987,04	987,00	986,95	986,90	986,86	986,80	986,75	986,70	986,65	986,60
53	986,55	986,50	986,46	986,41	986,37	986,31	986,26	986,21	986,16	986,11
54	986,07	986,02	985,98	985,93	985,88	985,83	985,78	985,73	985,68	985,63
55	985,59	985,54	985,49	985,44	985,39	985,34	985,29	985,24	985,19	985,14

56 985,25 985,20 985,15 985,10 985,05 985,00 984,95 984,90 984,85 984,80  
 57 984,75 984,70 984,65 984,60 984,55 984,50 984,45 964,40 984,35 984,30  
 58 934,25 984,20 984,15 984,10 984,05 984,00 983,95 983,90 983,85 983,80  
 59 933,75 963,70 983,65 983,60 983,55 983,50 983,45 983,40 982,34 963,29  
 60 953,24 983,19 933,14 983,08 983,03 982,98 982,93 982,88 982,83 982,77  
 61 982,72 982,67 982,62 982,57 982,51 982,46 982,41 982,36 982,31 982,26  
 62 982,20 982,15 982,10 982,05 981,99 981,94 981,89 981,83 961,78 981,72  
 63 981,67 981,62 981,57 981,51 981,46 981,40 981,35 981,29 981,24 961,18  
 64 951,13 961,07 961,02 980,97 980,91 980,86 980,81 980,76 960,71 980,65  
 65 950,59 980,53 980,48 980,42 980,37 980,32 980,26 980,21 980,16 980,10  
 66 980,05 979,99 979,93 979,87 979,82 979,77 979,72 979,67 979,61 979,56  
 67 979,50 979,44 979,39 979,33 979,28 979,22 979,16 979,11 979,06 979,00  
 68 978,94 978,88 978,82 978,77 978,71 978,66 978,61 978,55 978,50 978,44  
 69 978,38 978,32 978,27 978,21 978,16 978,10 978,04 977,98 977,93 977,87  
 70 977,81 977,75 977,70 977,64 977,58 977,52 977,46 977,40 977,35 977,29  
 71 977,23 977,17 977,12 977,08 977,01 976,95 976,90 976,84 976,78 976,72  
 72 976,66 976,60 976,54 976,48 976,42 976,36 976,30 976,25 976,19 976,13

Окончание таблицы 28.

<i>t</i>	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
73	976,07	976,01	975,05	975,89	975,83	975,77	975,71	975,66	975,60	975,54
74	975,48	975,42	975,36	975,30	975,24	975,18	975,13	975,07	975,01	974,95
75	974,89	974,83	974,77	974,71	974,33	974,59	974,53	974,47	974,41	974,35
76	974,29	974,23	974,16	974,10	974,04	973,98	973,92	973,86	973,80	973,74
77	973,68	973,62	973,55	973,49	973,43	973,37	973,31	973,25	973,19	973,13
78	973,77	973,01	972,95	972,88	972,82	972,76	972,70	972,63	972,57	972,51
79	972,45	972,39	972,33	972,26	972,20	972,14	972,08	972,02	971,96	971,89
80	971,83	971,77	971,71	971,65	971,58	971,52	971,46	971,40	971,33	971,27
81	971,21	971,14	971,08	971,02	970,96	970,89	970,83	970,77	970,70	970,63
82	970,57	970,30	970,44	970,38	970,62	970,25	970,19	970,13	970,06	970,00
83	969,94	969,87	969,81	969,75	969,68	969,62	969,50	969,50	969,48	969,37
84	969,30	969,24	969,18	959,11	969,06	968,98	968,91	968,34	968,77	968,71
85	968,65	968,58	968,52	968,46	968,39	968,33	968,27	968,20	968,14	968,07
86	963,00	967,93	967,86	967,80	967,74	967,67	967,61	967,54	967,48	967,41
87	967,34	967,28	967,21	967,14	967,08	967,01	966,95	966,88	966,81	966,75
88	966,68	966,62	966,55	966,48	966,41	966,35	966,28	966,21	966,14	966,08
89	966,01	965,95	965,88	965,82	965,75	965,68	965,61	965,54	965,48	965,41
90	965,34	965,28	965,21	965,15	965,08	905,01	964,94	964,88	064,81	964,74
91	964,67	964,61	964,54	964,47	964,40	964,33	964,26	964,19	964,13	964,06
92	963,99	963,92	963,85	963,78	963,71	963,65	963,58	963,51	963,44	963,37
93	963,30	963,23	963,16	963,10	963,03	962,96	962,89	962,82	963,75	362,68
94	962,61	962,54	962,47	962,40	962,34	962,27	962,13	962,06	961,99	961,99

95	961,92	961,85	961,78	961,71	961,62	961,57	961,50	961,43	961,36	961,29
96	961,22	961,15	961,08	961,01	960,94	960,87	960,80	960,73	960,66	960,59
97	960,51	960,44	960,37	960,30	960,23	960,16	960,16	960,02	959,95	959,88
98	959,81	959,74	959,67	959,60	959,53	959,46	959,39	959,32	959,24	959,17
99	959,09	959,02	958,95	958,88	958,81	958,74	958,67	958,60	958,52	958,45
100	958,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.7.5. Средние удельные потери давления (Па) на трение

$$R_{ср} = \frac{(1 - k)H_0}{\sum L_i}, \quad (18)$$

где  $(1 - k)$  - коэффициент, учитывающий долю потерь давления на трение (табл. 29);

$\sum L_i$  - длина циркуляционного кольца, м.

Таблица 29. Потери на местное сопротивление и трение в долях от общего сопротивления трубопровода

Система	Потери в долях	
	на местные сопротивления $k$	на трение $1 - k$
Водяного отопления:		
с естественной циркуляцией воды (независимо от протяженности по вертикали и горизонтали)	0,5	0,5
с насосной циркуляцией воды	0,35	0,65

По найденному значению  $R_{ср}$  обычным методом предварительно рассчитывают диаметры трубопровода циркуляционного кольца нагревательного прибора.

4.7.6. Результаты расчета сводят в табл. 30.

Количество циркуляционной воды для каждого участка определяют по формуле

$$g_i = \frac{q_i}{\Delta t_c}, \quad (18 a)$$

где  $q_i$  - тепловая нагрузка на участке трубопровода, Вт;

$\Delta t_c$  - перепад температур воды в системе, °С.

Таблицу 30. Гидравлический расчет системы отопления

Номер участка	Нагрузка на участке		Длина участка		Расчетные данные	
	тепловые нагрузки	Количество циркулируемой	участка	Диаметр $d$ , м	предварительные скорость	Потери потери
		$L_i$ , м				

1	2	3	4	5	6	7	8
	$q_i$ , Вт	воды $q_i$ , кг/ч			$v$ , м/с	давления на трение $R_i$ , Па	давления на трение на всем участке $R_i L_i$ , Па
				По ориентировочному среднему значению табл. 34	По ориентировочному среднему значению табл. 34		

Окончание табл. 30

Расчетные данные

предварительные

измененные

сумма коэффициентов местных сопротивлений $\alpha \xi$	потери давления на местных сопротивлениях $z_i$ , Па	общие потери давления на участке $R_i l_i + z_i$ , Па	$v$	$R_i$	$R_i L_i$	$\alpha \xi$	$z_i$	$R_i l_i + z_i$
9	10	11	12	13	14	15	16	17
Табл. 31-32	Табл. 33		См. графу 6	См. графу 7	См. графу 8	См. графу 9	См. графу 10	См. графу 11

4.7.7. Устанавливают действительное циркуляционное давление, значение которого сравнивают с потерями в системе при принятых диаметрах трубопровода. Если действительное давление отличается от потерь на 0-15 %, то трубопровод оставляют без изменения согласно предварительному расчету. Если расхождение от 0 до 15 % и от 15 до 30 %, то ограничиваются изменением диаметров с тем, чтобы потери в трубопроводе составляли от 85 до 100 % циркуляционного давления, определенного по тепловому расчету. В этом случае повторного теплового расчета не требуется. При больших расхождениях между действительным давлением и потерями в системе проводят полный перерасчет системы.

Таблица 31. Коэффициенты местного сопротивления

Наименование	Условный диаметр, мм	Значение $\xi$ при скорости м/с				
		0,025	0,05	0,075	0,1	0,2 и более
Нагревательные приборы	15	3,8	2,2	1,7	1,6	1,6
радиаторы двухколонные (вход и выход) при диаметре подводки	20	2	1,4	1,3	1,2	1,2
змеевик из труб плоский (длина 1500 мм, высота 500 мм)	15	48	28	28	28	28

	20	40	22	22	22	22
	15	5,7	3,8	3,5	3,4	3
Арматура						
краны пробковые проходные	20	3,7	2	1,6	1,4	1,2
	25	3,2	1,8	1,5	1,3	1
краны с двойной регулировкой с цилиндрической пробкой	15	-	-	-	-	4
	20	-	-	-	-	2
	15	-	-	-	-	16
	20	-	-	-	-	10
Вентили	25	-	-	-	-	9
с вертикальными цилиндрическими (15ч18бр)	32	-	-	-	-	9
	40	-	-	-	-	8
	50	-	-	-	-	7
	15	-	-	-	-	3
	20	-	-	-	-	3
	25	-	-	-	-	3
прямоточные с косыми шпинделями (15е58)	32	-	-	-	-	2,5
	40	-	-	-	-	2,5
	50	-	-	-	-	2
	25	-	-	-	-	0,5
	32	-	-	-	-	0,5
задвижки параллельные	40	-	-	-	-	0,5
	50	-	-	-	-	0,5
	15	3,2	1,5	0,9	0,7	0,6
Гнутые детали из труб утки под углом 45° с радиусом закругления $R = 3d$	20	1,7	1,0	0,7	0,65	0,6
	25	1,6	0,8	0,65	0,65	0,6
	15	6	2,2	2,1	2,1	2,0
	20	4	1,3	1,0	1,0	1,2
скобы с радиусом закругления $R = 3d$	25	2,3	1,1	0,7	0,7	0,6
	32	1,4	0,8	0,6	0,5	0,4

	15	5	1,6	1,4	1,3	1,3
отводы под углом 90° с радиусом закругления $R = 3d$	20	3,7	1,5	1,2	1,1	1,1
	25	3	1,2	0,8	0,6	0,6
	32	1	0,3	0,2	0,2	0,2

Таблица 32. Коэффициенты местного сопротивления  $\zeta$  (приближенные значения)






Местное сопротивление	$\zeta$	Примечание				
Для всех диаметров						
1. Радиаторы двухколонные	2					
2. Котлы:						
чугунные	2,5					
стальные	2					
3. Внезапное расширение (относится к большей скорости)	1					
4. Внезапное сужение (относится к большей скорости)	0,5					
Отступы	0,5					
5. Тройники:						
проходные (эскиз 1)	1					
поворотные на ответвление (эскиз 2)	1,5					
на противотоке (эскиз 3)	3					
6. Крестовины:						
проходные (эскиз 4)	2					
поворотные (эскиз 5)	3					
Для значений $\zeta$ при условном проходе труб, мм	15	20	25	32	40	50
7. Вентили:						
обыкновенные	16	10	9	9	8	7
прямоточные	3	3	3	2,5	2,5	2
8. Краны:						
проходные	4	2	2	2	-	-
двойной регулировки	4	2	2	2	-	-
9. Отводы:						
90° и утка	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2
двойные широкие	1	1	1	1	1	1
10. Скобы	3	2	2	2	2	2

Таблица 33. Потери давления  $z_i$  (кг/м<sup>2</sup>) в местных сопротивлениях при расчете трубопроводов водяных систем отопления (при  $\gamma = 983,2$  кг/м<sup>3</sup>;  $t_n = 95^\circ\text{C}$ )

Скорость Суммарные коэффициенты местных сопротивлений  $\alpha \xi$

ВОДЫ, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,025	0,031	0,063	0,094	0,125	0,157	0,188	0,219	0,251	0,282	0,313
30	0,045	0,090	0,135	0,180	0,226	0,271	0,316	0,361	0,406	0,451
35	0,061	0,123	0,184	0,246	0,307	0,368	0,430	0,491	0,553	0,614
0,040	0,080	0,160	0,241	0,321	0,401	0,481	0,561	0,642	0,722	0,802
45	0,102	0,203	0,304	0,406	0,507	0,609	0,710	0,812	0,913	1,015
0	0,125	0,251	0,376	0,501	0,626	0,752	0,877	1,002	1,128	1,253
0,055	0,15	0,30	0,45	0,61	0,76	0,91	1,06	1,21	1,36	1,52
60	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,44	1,62	1,80
65	0,21	0,42	0,64	0,85	1,06	1,27	1,48	1,69	1,91	2,12
0,070	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21	2,46
75	0,28	0,56	0,85	1,13	1,41	1,69	1,97	2,26	2,54	2,82
80	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,25	2,57	2,89	3,21
0,085	0,36	0,72	1,09	1,45	1,81	2,17	2,53	2,90	3,26	3,62
90	0,41	0,81	1,22	1,62	2,03	2,44	2,84	3,25	3,65	4,06
95	0,45	0,90	1,36	1,81	2,26	2,71	3,17	3,62	4,07	4,52
0,100	0,50	1,00	1,50	2,00	2,51	3,01	3,51	4,01	4,51	5,01
105	0,55	1,11	1,66	2,21	2,76	3,32	3,87	4,42	4,97	5,53
110	0,61	1,21	1,82	2,43	3,03	3,64	4,24	4,85	5,46	6,06
0,115	0,66	1,33	1,99	2,65	3,31	3,98	4,64	5,30	5,96	6,63
120	0,72	1,44	2,16	2,89	3,51	4,33	5,05	5,77	6,49	7,22
125	0,78	1,57	2,35	3,13	3,92	4,70	5,48	6,26	7,05	7,84
0,130	0,85	1,69	2,54	3,39	4,23	5,08	5,93	6,78	7,62	8,47
135	0,91	1,83	2,74	3,65	4,57	5,48	6,39	7,31	8,22	9,13
140	0,98	1,96	2,95	3,93	4,91	5,89	6,88	7,86	8,84	9,82
0,145	1,05	2,11	3,16	4,21	5,27	6,32	7,38	8,43	9,48	10,54
150	1,13	2,26	3,38	4,51	5,64	6,77	7,89	9,02	10,15	11,20
155	1,20	2,41	3,61	4,82	6,02	7,22	8,43	9,63	10,84	12,04
0,160	1,28	2,57	3,58	5,13	6,41	7,70	8,98	10,26	11,55	12,83
163	1,36	2,73	1,09	5,46	6,82	8,19	9,55	10,92	12,28	13,64
170	1,45	2,90	4,34	5,79	7,24	8,69	10,14	11,59	13,03	14,48
0,175	1,53	3,07	4,60	6,14	7,67	9,21	10,7	12,3	13,8	15,3
180	1,62	3,25	4,87	6,49	8,12	9,74	11,4	13,0	14,6	16,2
185	1,72	3,43	5,15	6,86	8,58	10,3	12,0	13,7	15,4	17,2
0,190	1,81	3,62	5,43	7,24	9,05	10,9	12,7	14,5	16,3	18,1
195	1,91	3,81	5,72	7,62	9,53	11,4	13,3	15,2	17,2	19,1
200	2,00	4,01	6,01	8,02	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
0,205	2,1	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,8	19,0	21,1
210	2,2	4,4	6,6	8,8	11,1	13,3	15,5	17,7	19,9	22,1
215	2,3	4,6	6,9	9,3	11,6	13,9	16,2	18,5	20,8	23,2
0,220	2,4	4,9	7,3	9,7	12,1	14,6	17,0	19,4	21,8	24,3

225	2,5	5,1	7,6	10,1	12,7	15,2	17,8	20,3	22,8	25,4
230	2,7	5,3	8,0	10,6	13,3	15,9	18,6	21,2	23,9	26,5
0,235	2,8	5,5	8,3	11,1	13,8	16,6	19,4	22,1	24,9	27,7
240	2,9	5,8	8,7	11,5	14,4	17,3	20,2	23,1	26,0	28,9
245	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,1	24,1	27,1	30,1
0,250	3,1	6,3	9,4	12,5	15,7	18,8	21,9	25,1	28,2	31,3
255	3,3	6,5	9,8	13,0	16,3	19,6	22,8	26,1	29,3	32,6
260	3,4	6,8	10,2	13,6	16,9	20,3	23,7	27,1	30,5	33,9
0,265	3,5	7,0	10,6	14,1	17,6	21,1	24,6	28,2	31,7	35,2
270	3,7	7,3	11,0	14,6	18,3	21,9	26,6	29,2	32,9	36,5
275	3,8	7,6	11,4	15,2	18,9	22,7	26,5	30,3	34,1	37,9
0,280	3,9	7,9	11,8	15,7	19,6	23,6	27,5	31,4	35,4	39,3
285	4,1	8,1	12,2	16,3	20,4	24,4	28,5	32,6	36,6	40,7
290	4,2	8,4	12,6	16,9	21,1	25,3	29,5	33,7	37,9	42,1

Продолжение таблицы 33.

Скорость Суммарные коэффициенты местных сопротивлений  $\alpha\xi$

ВОДЫ, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,295	4,4	8,7	13,1	17,4	21,8	26,2	30,5	34,9	39,3	43,6
300	4,5	9,0	13,5	18,0	22,6	27,1	31,6	36,1	40,6	45,1
305	4,7	9,3	14,0	18,6	23,3	28,0	32,6	37,3	42,0	46,6
0,310	4,8	9,6	14,4	19,3	24,1	28,9	33,7	38,5	43,3	48,2
315	5,0	9,9	14,9	19,9	24,9	29,8	34,8	39,8	44,8	49,7
320	5,1	10,3	15,4	20,5	25,7	30,8	35,9	41,1	46,2	51,3
0,325	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	37,1	42,3	47,6	52,9
330	5,5	10,9	16,4	21,8	27,3	32,7	38,2	43,7	49,1	54,6
335	5,6	11,2	16,9	22,5	28,1	33,7	39,4	45,0	50,6	56,2
0,340	5,8	11,6	17,4	23,2	29,0	34,8	40,6	46,3	52,1	57,9
345	6,0	11,9	17,9	23,9	29,8	35,8	41,8	47,7	53,7	59,6
350	6,1	12,3	18,4	24,6	30,7	36,8	43,0	49,1	55,3	61,4
0,355	6,3	12,6	18,9	25,3	31,6	37,9	44,2	50,5	56,8	63,2
360	6,5	13,0	19,5	26,0	32,5	39,0	45,5	52,0	58,5	65,0
365	6,7	13,4	20,0	26,7	33,4	40,1	46,7	53,4	60,1	66,8
0,370	6,9	13,7	20,6	27,4	34,3	41,2	48,0	54,9	61,7	68,6
375	7,0	14,1	21,1	28,2	35,2	42,3	49,3	56,4	63,4	70,5
380	7,2	14,5	21,7	28,9	36,2	43,4	50,7	57,9	65,1	72,4
0,385	7,4	14,9	22,3	29,7	37,1	44,6	52,0	59,4	66,9	74,3
390	7,6	15,2	22,9	30,5	38,1	45,7	53,4	61,0	68,6	76,2
395	7,8	15,6	23,5	31,3	39,1	46,9	54,4	62,6	70,4	78,2
0,400	8,0	16,0	24,1	32,1	40,1	48,1	56,1	64,1	72,2	80,2
405	8,2	16,4	24,7	32,9	41,1	49,3	57,5	65,8	74,0	82,2
410	8,4	16,8	25,3	33,7	42,1	50,5	59,0	67,4	75,8	84,2

0,415	8,6	17,3	25,9	34,5	43,2	51,8	60,4	69,0	77,7	86,3
420	8,8	17,7	26,5	35,4	44,2	53,0	61,9	70,7	79,6	88,4
425	9,1	18,1	27,2	36,2	45,3	54,3	63,4	72,4	81,5	90,5
0,430	9,3	18,5	27,8	37,1	46,3	55,6	64,9	74,1	83,4	92,7
435	9,5	19,0	28,4	37,9	47,4	56,9	66,4	75,6	85,3	94,8
440	9,7	19,4	29,1	38,8	48,5	58,2	67,9	77,9	87,3	97,0
0,445	9,9	19,8	29,8	39,7	49,6	59,5	69,5	79,4	89,3	99,2
450	10,1	20,3	30,4	40,6	50,7	60,9	71,0	81,2	92,3	101,5
455	10,4	20,8	31,1	41,5	51,9	62,3	72,6	83,0	93,4	103,8
0,460	10,6	21,2	32,2	42,4	53,0	63,6	74,2	84,8	95,4	106,0
465	10,8	21,7	32,5	43,3	54,2	65,0	75,9	86,7	97,5	108,4
470	11,1	22,1	33,2	44,3	55,4	66,4	77,5	88,6	99,6	110,7
0,475	11,3	22,6	33,9	45,2	56,2	67,8	79,1	90,5	101,8	113,1
480	11,5	23,1	34,6	46,2	57,7	69,3	80,8	92,4	103,9	115,5
485	11,8	23,6	35,4	47,2	58,9	70,7	82,5	94,3	106,1	117,9
0,490	12,0	24,1	36,1	48,1	60,2	72,2	84,2	96,2	108,3	120,3
495	12,3	24,6	36,8	49,1	61,4	73,7	86,0	98,2	110,5	122,8
500	12,5	25,1	37,6	50,1	62,6	75,2	87,7	100,2	112,8	125,3
0,51	13,0	26,1	39,1	52,1	65,2	78,2	91,2	104,3	117,3	130,4
52	13,6	27,1	40,7	54,2	67,8	81,3	94,9	108,4	122,0	135,5
53	14,1	28,2	42,2	56,3	70,4	84,5	98,5	112,6	126,7	140,8
0,54	14,6	29,2	43,8	58,5	73,1	87,7	102,3	116,9	131,5	146,1
55	15,2	30,3	45,5	60,6	75,8	91,0	106,1	121,3	136,4	151,6
56	15,7	31,4	47,1	62,9	78,6	94,3	110,0	125,7	141,4	157,2
0,57	16,3	32,6	48,8	65,1	81,4	97,7	114,0	130,3	146,5	162,8
56	16,9	33,7	50,6	67,4	84,3	101,2	118,0	134,9	151,7	168,6
59	17,4	34,9	52,3	69,8	87,2	104,7	122,1	139,6	157,0	174,4

Окончание таблицы 33.

Скорость Суммарные коэффициенты местных сопротивлений  $\alpha \xi$

ВОДЫ, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,60	18,0	36,1	54,1	72,2	90,2	108,2	126,3	144,3	162,3	180,4
61	18,7	37,3	56,0	74,6	93,3	111,9	130,6	149,2	167,9	186,5
62	19,3	38,5	57,8	77,1	96,3	115,6	134,8	154,1	173,4	192,6
0,63	19,9	39,8	59,7	79,6	99,5	119,3	139,2	159,1	176,6	198,9
64	20,5	41,1	61,6	82,1	102,6	123,2	143,7	164,2	184,7	205,3
65	21,2	43,2	63,5	84,7	105,9	127,0	148,2	169,4	190,6	211,7
0,66	21,8	43,7	65,5	87,3	109,2	131,0	152,8	174,6	196,5	218,3
67	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0
68	23,2	46,3	69,5	92,7	115,9	139,0	162,2	185,4	208,6	231,7
0,69	23,9	47,7	71,6	95,4	119,3	143,2	167,0	190,9	214,7	238,6
70	24,6	49,1	73,7	98,2	122,8	147,3	171,9	196,4	221,0	245,6

71	25,3	50,5	75,8	101,1	126,3	151,6	176,8	202,1	227,4	252,6
0,72	26,0	52,0	77,9	103,9	129,9	155,9	181,9	207,8	233,8	259,8
73	26,7	53,3	80,1	106,8	133,5	160,2	186,9	213,6	240,4	267,1
74	27,4	54,9	82,3	109,8	137,2	164,7	192,1	219,5	247,0	274,4
0,75	28,2	56,4	84,6	112,8	141,0	169,1	197,3	225,5	253,7	281,9
76	28,9	57,9	86,8	115,8	144,7	173,7	202,6	231,6	260,5	289,5
77	29,7	59,4	89,1	118,9	148,6	173,3	208,0	237,7	267,4	297,1
0,78	30,5	61,0	91,5	122,0	152,5	172,9	213,4	243,9	274,4	304,9
79	31,3	62,6	93,8	125,1	156,4	187,7	218,9	250,2	281,5	312,8
80	32,1	64,1	96,2	128,8	160,4	192,4	224,5	256,6	288,7	320,7
0,85	36,2	72,4	108,6	144,8	181,0	217,2	253,5	289,7	325,9	362,1
90	40,6	81,2	121,8	162,4	203,6	243,6	284,1	324,7	365,3	405,9
95	45,2	90,5	135,7	180,9	226,1	271,4	316,6	361,8	407,1	452,3
1,00	50	100	150	200	251	301	351	401	451	501
05	55	111	166	221	276	332	387	442	497	553
10	61	121	182	243	303	364	424	485	546	606
1,15	66	133	199	265	331	398	464	530	596	663
20	72	144	216	289	361	433	505	577	649	722
25	78	157	235	313	392	470	548	626	705	783
1,30	85	169	254	339	423	508	593	678	762	847
35	91	183	274	365	457	548	639	731	822	913
40	98	196	295	393	491	589	688	786	884	982
1,45	105	211	316	421	527	632	738	843	948	1054
50	113	226	338	451	564	677	789	902	1015	1128
55	120	241	361	482	602	722	843	963	1084	1204
1,60	128	257	385	513	641	770	898	1026	1155	1283
65	136	273	409	546	682	819	955	1091	1228	1364
70	145	290	434	579	724	869	1014	1159	1303	1448
1,75	153	307	460	614	767	921	1074	1228	1381	1535
80	162	325	487	649	812	974	1187	1299	1461	1624
85	172	343	515	686	858	1029	1201	1372	1544	1715
1,90	181	362	543	724	905	1085	1266	1447	1628	1809
95	191	381	572	762	953	1143	1334	1525	1715	1907
2,00	200	401	601	802	1002	1203	1403	1604	1804	2005

Таблица 34. Расчет стальных трубопроводов водяного отопления, при  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{воды}} = 95^\circ\text{C}$  и  $k\phi = 0,2$  мм

Потери Диаметр условного прохода труб водогазопроводных, мм ([ГОСТ 3262-75](#))  
от 10 15 20 25 32 40 50 70  
трения, Количество теплоты, проходящей по трубе, ккал/ч  
кг/м<sup>2</sup>  
на 1 м (первая срока)

Скорость воды в трубе, м/с

(вторая строка)

0,06	8	12,5	27	52	110	160	307	589
	0,015	0,017	0,021	0,025	0,031	0,034	0,039	0,045
0,065	8,2	13	28	54	116	172	321	616
	0,016	0,018	0,022	0,026	0,032	0,036	0,041	0,047
0,07	8,5	13,5	30	56	121	183	335	643
	0,017	0,019	0,023	0,027	0,033	0,038	0,043	0,049
0,075	8,8	14	31	59	126	188	349	669
	0,0174	0,019	0,024	0,028	0,035	0,040	0,044	0,051
0,08	9,1	14,5	32	61	130	192	363	695
	0,018	0,020	0,025	0,029	0,036	0,041	0,046	0,053
0,085	9,5	15	33	63	135	196	374	718
	0,019	0,021	0,026	0,031	0,037	0,042	0,048	0,055
0,09	9,8	15,5	34	65	139	202	385	742
	0,0194	0,021	0,027	0,032	0,039	0,043	0,049	0,057
0,095	10,1	16	35	67	144	206	398	761
	0,020	0,022	0,0275	0,033	0,040	0,044	0,051	0,058
0,1	10,4	16,5	36	69	148	210	409	788
	0,021	0,023	0,028	0,034	0,041	0,045	0,052	0,060
0,11	10,7	17	38	73	157	219	432	830
	0,022	0,024	0,030	0,035	0,044	0,046	0,055	0,063
0,12	11,1	17,5	40	76	164	229	454	872
	0,023	0,025	0,031	0,037	0,045	0,048	0,059	0,067
0,13	11,4	18	42	80	172	239	475	910
	0,0234	0,026	0,033	0,039	0,047	0,050	0,061	0,070
0,14	12,0	19	44	84	180	249	496	948
	0,024	0,027	0,034	0,041	0,049	0,052	0,064	0,073
0,15	12,6	20	45	87	188	259	516	982
	0,026	0,029	0,035	0,042	0,052	0,054	0,067	0,075
0,16	13,2	21	47	96	191	269	535	1016
	0,027	0,030	0,037	0,45	0,053	0,057	0,069	0,078
0,17	13,6	21,5	49	103	193	279	553	1046
	0,027	0,030	0,038	0,048	0,053	0,059	0,071	0,080
0,18	13,9	22	50	108	197	287	571	1077
	0,028	0,031	0,039	0,051	0,054	0,060	0,073	0,082
0,19	14,5	23	52	110	201	296	589	1106
	0,029	0,032	0,040	0,053	0,056	0,062	0,076	0,085
0,20	15,1	24	53	111	203	304	606	1137
	0,030	0,033	0,042	0,054	0,057	0,064	0,078	0,087
0,22	15,8	25	56	115	213	321	638	1197
	0,032	0,035	0,044	0,055	0,059	0,067	0,082	0,092

0,24	16,4	26	59	120	223	338	671	1258
	0,034	0,037	0,046	0,057	0,062	0,071	0,087	0,096
0,26	17,0	27	62	126	234	353	700	1317
	0,035	0,039	0,048	0,059	0,064	0,074	0,091	0,101

Продолжение табл. 34

Потери от трения, кг/м <sup>2</sup> на 1 м	Диаметр условного прохода труб водогазопроводных, мм ( <a href="#">ГОСТ 3262-75</a> )							
	10	15	20	25	32	40	50	70
	Количество теплоты, проходящей по трубе, ккал/ч (первая строка) Скорость воды в трубе, м/с (вторая строка)							
0,28	17,7	28	64	130	244	368	729	1377
	0,037	0,041	0,050	0,064	0,068	0,077	0,096	0,106
0,30	19,0	30	67	135	554	383	752	1438
	0,038	0,042	0,052	0,067	0,070	0,081	0,099	0,110
0,32	19,6	31	72	140	263	396	774	1488
	0,040	0,044	0,058	0,068	0,073	0,083	0,102	0,114
0,34	20,2	32	75	142	272	409	796	1530
	0,041	0,045	0,060	0,070	0,075	0,086	0,106	0,117
0,36	20,8	33	80	143	281	422	818	1576
	0,042	0,047	0,062	0,071	0,078	0,089	0,108	0,121
0,38	21,5	34	82	145	290	435	839	1622
	0,043	0,048	0,064	0,073	0,080	0,092	0,111	0,124
0,40	22,1	35	85	146	299	448	861	1667
	0,045	0,050	0,066	0,073	0,082	0,094	0,115	0,128
0,45	23,4	37	91	152	317	478	916	1783
	0,049	0,054	0,071	0,074	0,088	0,101	0,122	0,136
0,50	25,2	40	95	157	336	507	971	1898
	0,051	0,057	0,073	0,074	0,093	0,107	0,130	0,145
0,55	26,5	42	100	163	356	533	1026	1999
	0,054	0,060	0,077	0,078	0,098	0,112	0,137	0,153
0,60	27,8	44	103	169	373	559	1081	2090
	0,057	0,063	0,080	0,082	0,103	0,118	0,144	0,160
0,65	29,7	47	107	176	389	580	1127	2180
	0,059	0,066	0,083	0,086	0,108	0,122	0,150	0,167
0,70	30,3	48	111	184	406	601	1172	2269
	0,062	0,069	0,086	0,089	0,112	0,126	0,149	0,174
0,75	31,6	50	112	191	420	622	1218	2359
	0,065	0,072	0,087	0,093	0,116	0,131	0,155	0,181
0,80	33,4	52	113	199	434	642	1263	2450

	0,074	0,082	0,088	0,097	0,120	0,135	0,161	0,187
0,85	35,3	56	115	205	450	663	1309	2523
	0,075	0,083	0,089	0,100	0,124	0,140	0,165	0,193
0,90	36,5	57	119	212	463	684	1354	2598
	0,076	0,084	0,092	0,103	0,128	0,144	0,171	0,199
0,95	36,8	58	122	218	477	705	1399	2671
	0,077	0,085	0,095	0,106	0,132	0,148	0,177	0,204
1,00	37,2	59	126	225	490	726	1445	2744
	0,078	0,087	0,097	0,109	0,136	0,151	0,182	0,210
1,10	38,5	61	133	237	516	767	1514	2892
	0,081	0,090	0,103	0,115	0,143	0,162	0,192	0,221
1,20	39,8	63	140	248	537	809	1583	3011
	0,084	0,093	0,108	0,120	0,149	0,170	0,201	0,230
1,30	41,0	65	146	259	557	846	1652	3128
	0,086	0,095	0,113	0,126	0,154	0,178	0,210	0,239
1,40	42,3	67	151	269	579	876	1720	3246
	0,088	0,098	0,11	0,131	0,160	0,184	0,218	0,248
1,50	42,9	68	157	280	600	906	1790	3364
	0,091	0,101	0,121	0,136	0,166	0,191	0,227	0,257

Продолжение табл. 34

Потери от трения, кг/м <sup>2</sup> на 1 м	Диаметр условного прохода труб водогазопроводных ( <a href="#">ГОСТ 3262-75</a> ), мм							
	10	15	20	25	32	40	50	70
	Количество теплоты, проходящей по трубе, ккал/ч							
	(первая строка)							
	Скорость воды в трубе, м/с							
	(вторая строка)							
1,60	44,2	70	163	289	621	937	1858	3482
	0,693	0,103	0,126	0,141	0,172	0,197	0,236	0,266
1,70	45,5	72	169	299	642	967	1917	3600
	0,096	0,106	0,130	0,145	0,178	0,203	0,243	0,275
1,80	46,7	74	174	309	663	997	1974	3718
	0,098	0,108	0,135	0,150	0,184	0,210	0,251	0,284
1,90	47,4	75	179	318	684	1027	2632	3835
	0,100	0,111	0,138	0,154	0,189	0,216	0,258	0,293
2,00	46,6	77	184	332	705	1058	2090	3953
	0,102	0,114	0,142	0,161	0,195	0,222	0,265	0,302
2,20	51,1	81	194	346	747	1118	2204	4141
	0,107	0,119	0,150	0,168	0,207	0,235	0,280	0,317
2,40	53,0	84	204	360	778	1166	2291	4327
	0,112	0,124	0,157	0,175	0,215	0,245	0,291	0,331

2,60	55,6	88	212	376	809	1214	2378	4513
	0,117	0,130	0,164	0,182	0,224	0,255	0,302	0,345
2,80	57,5	91	221	398	840	1261	2465	4702
	0,122	0,135	0,171	0,190	0,233	0,265	0,312	0,350
3,00	60,0	95	229	404	871	1309	2552	4889
	0,126	0,140	0,177	0,196	0,241	0,276	0,323	0,374
3,20	61,9	98	237	416	902	1357	2640	5643
	0,131	0,145	0,183	0,202	0,250	0,284	0,334	0,386
3,40	64,3	102	245	428	933	1405	2727	5196
	0,135	0,150	0,189	0,208	0,258	0,296	0,345	0,397
3,60	67,0	106	256	441	964	1444	2814	5350
	0,140	0,156	0,195	0,214	0,267	0,304	0,356	0,409
3,80	68,8	109	260	454	995	1484	2900	5503
	0,144	0,160	0,201	0,220	0,276	0,312	0,367	0,421
4,00	70,7	112	267	467	1026	1524	2973	5657
	0,148	0,164	0,206	0,226	0,284	0,321	0,376	0,433
4,50	75,1	119	284	498	1090	1623	3155	6015
	0,156	0,175	0,219	0,242	0,301	0,342	0,399	0,460
5,00	79,6	126	297	530	1149	1710	3336	6339
	0,167	0,186	0,230	0,257	0,318	0,360	0,422	0,485
5,50	84,0	133	311	561	1210	1788	3517	6666
	0,176	0,196	0,240	0,272	0,335	0,376	0,445	0,510
6,00	88,0	139	324	593	1270	1866	3699	6971
	0,185	0,205	0,250	0,288	0,352	0,393	0,468	0,533
6,50	92,0	146	337	614	1320	1944	3844	7253
	0,194	0,215	0,261	0,298	0,365	0,409	0,486	0,555
7,00	95,3	151	351	635	1369	2022	3988	7534
	0,201	0,223	0,271	0,308	0,379	0,426	0,504	0,576
7,50	99,0	157	361	656	1418	2100	4131	7790
	0,208	0,231	0,281	0,318	0,393	0,442	0,522	0,598
8,00	102,3	162	377	677	1467	2178	4276	8066
	0,215	0,239	0,291	0,328	0,406	0,458	0,540	0,618

Продолжение табл. 34

		Диаметр условного прохода труб водогазопроводных ( <a href="#">ГОСТ 3262-75</a> ), мм							
		10	15	20	25	32	40	50	70
Потери от трения, кг/м <sup>2</sup> на 1 м	Количество теплоты, проходящей по трубе, ккал/ч								
	(первая строка)								
	Скорость воды в трубе, м/с								
	(вторая строка)								
8,50		106,0	168	390	698	1517	2249	4420	8317

	0,223	0,248	0,302	0,338	0,420	0,473	0,559	0.636
9,00	109,2	173	404	719	1554	2309	4543	8567
	0,230	0,255	0,312	0,348	0,430	0,486	0,574	0,655
9,50	112,4	178	417	739	1593	2370	4665	8819
	0,236	0,262	0,322	0,359	0,441	0,499	0,589	0,675
10	115,6	183	430	759	1632	2431	4788	9035
	0,242	0,269	0,332	0,369	0,452	0,512	0,605	0,691
11	121,2	192	450	801	1709	2553	5033	9467
	0,255	0,283	0,347	0,389	0,473	0,537	0,637	0,724
12	127	201	469	825	1786	2674	5250	9899
	0,266	0,295	0,362	0,405	0,494	0,563	0,664	0,757
13	132	209	488	870	1863	2796	5468	10241
	0,277	0,308	0,377	0,422	0,516	0,588	0,692	0,783
14	136	216	507	904	1939	2895	5686	10584
	0,286	0,318	0,392	0,438	0,537	0,609	0,719	0,810
15	141	223	527	938	2017	2995	5903	10927
	0,295	0,328	0,407	0,455	0,558	0,630	0,746	0,836
16	145	229	546	972	2079	3095	6093	11269
	0,304	0,338	0,422	0,471	0,575	0,651	0,770	0,862
17	149	236	565	1000	2140	3149	6283	11611
	0,313	0,348	0,436	0,485	0,592	0,672	0,794	0,888
18	154	243	584	1028	2201	3291	6473	11953
	0,322	0,358	0,451	0,499	0,609	0,693	0,818	0,914
19	157	249	599	1056	2263	3427	6654	12296
	0,330	0,367	0,463	0,512	0,626	0,721	0,841	0,941
20	162	256	614	1084	2325	3513	6823	12638
	0,339	0,377	0,474	0,526	0,643	0,739	0,862	0,957
22	171	270	643	1141	2448	3684	7159	13323
	0,357	0,397	0,497	0,553	0,678	0,775	0,904	1,019
24	179	283	673	1197	2572	3808	7476	14008
	0,375	0,417	0,520	0,581	0,712	0,801	0,944	1,071
26	186	296	702	1240	2671	3965	7782	14693
	0,392	0,436	0,542	0,602	0,739	0,834	0,983	1,124
28	195	310	732	1284	2770	4113	8076	15215
	0,410	0,456	0,565	0,623	0,767	0,865	1,020	1,164
30	200	319	756	1327	2869	4260	8359	15749
	0,423	0,470	0,584	0,644	0,794	0,896	1,056	1,205
32	207	329	780	1372	2969	4406	8634	16266
	0,436	0,484	0,602	0,655	0,821	0,928	1,008	1,244
34	212	338	804	1415	3067	4546	8900	16768
	0,449	0,499	0,621	0,686	0,849	0,957	1,124	1,283
36	219	348	828	1458	3153	4684	9157	17252
	0,462	0,513	0,640	0,708	0,873	0,986	1,156	1,320

38	225	358	852	1502	3239	4822	9409	17726
	0,474	0,527	0,658	0,729	0,896	1,015	1,188	1,356
40	232	367	876	1545	3325	4960	9652	18186
	0,487	0,541	0,677	0,754	0,920	1,044	1,219	0,391
45	246	391	924	1588	3539	5092	10239	19285
	0,519	0,577	0,714	0,800	0,978	1,073	1,293	1,476
50	261	415	972	1730	3707	5541	10791	20333
	0,551	0,612	0,751	0,843	1,031	1,166	1,362	1,555

4.7.8. После предварительного подбора диаметров трубопровода переходят к его тепловому расчету, определяя последовательно по участкам от котла по ходу воды тепловыделения трубопроводом и температуры воды, данные сводят в табл. 35.

Таблица 35. Тепловой расчет трубопровода

Номер участка	$q_i$ , кг/ч	$L_i$ , м	$d$ , мм	$t_{нач\ i}$ °C	$t_{в}$ °C	$t_{нач\ i-тв}$ °C	$q\phi$ , Вт/м	$q_{тр}$ , Вт	$\Delta t_i$ , °C	$t_{кон\ i}$ , °C
1							См. табл.			
2							49		I.	

Подсчет начинают с участка, температура которого известна (90°C) графа 5 табл. 35.

Для заполнения графы 10 - формула остывания воды на участке трубопровода

$$\Delta t_i = \frac{q_{тр}}{q_i}, \quad (19)$$

где  $q_{тр}$  - теплоотдача трубопроводом, Вт;

$q_i$  - количество воды, которое проходит по участку, кг/ч.

Для заполнения графы 11 - формула определения температуры воды в конце участка

$$t_{к\ i} = t_{нач\ i} - \Delta t_i, \quad (20)$$

где  $t_{нач\ i}$  - температура воды в начале участка.

4.7.9. Действительное значение гравитационного давления, Па определяем по формуле при средних значениях плотности воды

$$H_g = [0,9h_{ст}(\gamma_{ст} - \gamma_n) + 0,5h_{пр}(\gamma_{н,пр} - \gamma_n) + \Delta h(\gamma_{о,пр} - \gamma_n)]g, \quad (21)$$

где  $h_{ст}$ ,  $h_{пр}$  - высота соответственно стояка, по которому вода движется вниз и отопительного прибора, м;

$\gamma_{ст}$ ,  $\gamma_{п}$  - плотность воды соответственно в этом стояке и выходящей из котла, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{п,пр}$ ,  $\rho_{о,пр}$  - плотность воды, соответственно входящей в отопительный прибор и выходящей из него;

$\Delta h$  - вертикальное расстояние между центрами нагрева воды в котле и охлаждения в приборе (принимается посередине прибора).

Получив действительное циркуляционное давление, сравниваем его с потерями давления в данном кольце трубопровода. Полученное расхождение должно находиться в допустимых пределах в соответствии с п. 4.7.7, и поэтому расчет можно считать законченным. Таким же образом в соответствии с общей методикой гидравлического расчета трубопроводов производят расчет через другие циркуляционные кольца.

#### 4.8. Гидравлический расчет системы отопления с насосной циркуляцией воды

Двухтрубную систему с верхней разводкой при насосной циркуляции воды применяют в малоэтажных зданиях во избежание значительного вертикального теплового разрегулирования.

Циркуляционные насосы эффективны для малых и средних систем, так как они создают малые давления при большом расходе воды.

Вода циркулирует в системе с помощью малогабаритного моноблочного насоса с встроенным асинхронным электродвигателем короткозамкнутого типа. Насос устанавливают на трубопроводе в обратную магистраль системы отопления и горячего водоснабжения для увеличения срока службы деталей, взаимодействующих с горячей водой и, при необходимости в подающую магистраль, что уменьшает затраты на трубопровод, так как диаметр трубопровода может быть меньше, чем при естественной конвекции, кроме того, при механической циркуляции вода не содержит свободного кислорода и не оказывает разъедающего действия. Укрепляют насос с помощью ниппельных и фланцевых соединений (в зависимости от типоразмера насоса). Уровень шума работающих насосов 40-50 дБ. Насосы служат для перекачивания воды с температурой до 100°C в системах отопления и горячего водоснабжения.

4.8.1. Циркуляционный насос можно выбирать по заводским характеристикам (табл. 36), исходя из общего расхода воды в системе отопления, тогда давление, развиваемое насосом в рабочей точке характеристики, принимать за исходное при гидравлическом расчете системы.

Таблица 36. Технические данные электронасосов типа ЦВЦ

Марка насоса ЦВЦ	Диаметр рабочего колеса, мм	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	КПД насоса, %	Потребляемая мощность, кВт	Размеры, мм				Масса, кг	
						Ду	А	Б	В		
2,5-2	52	2,5	2	17	0,11	25	281	252	136	203	8
4-2,8	57	4	2,8	20	0,18	32	305	285	153	232	10
6,3-3,5	67	6,3	3,5	25	0,24	40	360	287	173	231	12

10-4,7	74	10	4,7	36	0,43	40	360	301	173	238	34
16-6,7	88	16	6,7	41	0,85	50	402	373	196	299	38
25-9,2	104	25	9,2	45	1,62	70	457	395	226	322	43

Примечание: Частота вращения колеса насоса 3 тыс. об/мин, напряжение в электросети 380/220 В.

4.8.2. При расчете трубопроводов с насосом неблагоприятным циркуляционным кольцом следует считать:

при искусственной циркуляции и тупиковой разводке магистралей - кольцо через наиболее отдаленный стояк;

при искусственной циркуляции и попутном движении воды - кольцо через наиболее нагруженный стояк.

Разница в давлениях, расходуемых в отдельных кольцах системы при расчете трубопроводов, не должна превышать: в двухтрубной насосной с попутным движением 15 %, с тупиковой разводкой – 20 %

Характеристика насосов позволяет построить зависимость между количеством оборотов, производительностью и развиваемым давлением. Насосы для систем отопления следует выбирать по заданной производительности в м<sup>3</sup>/ч (л/с), при этом давление насоса должно быть приближено к максимальному. Из циркуляционных насосов зарубежного производства применяют 3-скоростные типа UPS, GHN. Переключение скорости ручное или автоматическое.

4.8.3. Расчетное циркуляционное давление (Па) для системы с искусственной циркуляцией

$$H_{расч} = H_n + BH_0, \quad (22)$$

где  $H_n$  - циркуляционное давление, развиваемое насосом, Па;

$H_0$  - естественное давление, возникающее в расчетном кольце от охлаждения воды в трубопроводах и от охлаждения воды в нагревательных приборах, Па;

$B = 1$  - поправочный коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления в период поддержания расчетного гидравлического режима в системе.

Для вертикальных двухтрубных насосных систем отопления расчетный гидравлический режим относят к периоду наиболее длительного стояния одной и той же температуры наружного воздуха. При такой температуре наружного воздуха в системе отопления возникав естественное циркуляционное давление (Па), составляющее около 40 % максимального значения, поэтому примем  $B = 0,4$  и формула примет вид:

$$H_{расч} = H_n + 0,4H_0$$

Для выборе  $H_n$  в практических расчетах используют  $H_n = 100 \times \Delta L_i$ , Па (где  $\Delta L_i$  - длина циркуляционного кольца, м).

Расчетная производительность циркуляционного насоса

$$Q_n = 0,86 \frac{q_{сист}}{t_n - t_0}, \quad (23)$$

$$Q_n = \frac{0,86 q_{сист}}{(t_n - t_0) \gamma_{cp}}, \quad (23a)$$

где  $q_{сист}$  - расчетная теплопроизводительность котла в системе отопления, Вт;

$t_n - t_0$  - температурный перепад воды в системе, °С;

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma_n - \gamma_0}{2} - \text{средняя плотность воды, кг/м}^3.$$

Мощность привода Вт, вал которого непосредственно соединен с валом рабочего колеса насоса

$$N = \frac{Q_n \cdot H_n}{3600 \eta_n}, \quad (24)$$

где  $H_n$  - давление, которое должен развить насос, Па;

$\eta_n$  - КПД насоса.

#### 4.9. Расчет теплопроизводительности котла

Требуемую теплопроизводительность котла  $q_{сист}$  определяют как сумму полезных и бесполезных потерь теплоты. Полезными потерями считаются теплота, идущая на покрытие теплопотерь помещения и тепловыделения трубами, а к бесполезным относят теплоту, теряемую обратными трубопроводами, проложенными под полом помещения.

Для возмещения теплопотерь, учитывая, что в котел поступает обратная вода с температурой  $t_{ki}$  последнего участка, а уходит при  $t_r = 90^\circ\text{C}$ , количество циркулирующей в системе воды, (кг/ч)

$$G_c = \frac{q_{сист}}{t_n - t_0} \beta_1 \beta_2, \quad (25)$$

где  $\beta_2$  - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений; при установке у наружных стен секционного радиатора или конвектора типа КН и КО  $\beta_2 = 1,02$ , конвектора КА  $\beta_2 = 1,03$ , панельного радиатора  $\beta_2 = 1,04$ ;

$\beta_1$  - поправочной коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь (сверх расчетной) приборов, принятых к установке; для радиаторов и конвекторов  $\beta_1 = 1,03-1,06$ ; для ребристых труб  $\beta_1 = 1,13$ .

В технике отопления объемную подачу насосом горячей воды заменяют массовым расходом  $G_n$ , кг/ч, не зависящим от температуры воды  $G_n = \Delta\gamma \cdot L_n$  (где  $\Delta\gamma$  - средняя плотность воды в системе отопления, кг/м<sup>3</sup>;  $L_n$  - подача насоса, м<sup>3</sup>/ч).

Для циркуляционного насоса, включенного в общую магистраль, расход перемещаемой воды  $G_n$  равен общему расходу воды в системе отопления  $G_n = G_c$ .

$$\frac{g_i - G_c}{g_i}$$

Допускается расхождение от +5 до -15 %  $g_i$  (где  $g_i$  - количество циркулирующей воды, принятое при гидравлическом расчете трубопроводов).

Если количество циркулирующей воды превышает эти пределы, то следует перепад температуры воды в системе принять большим или меньшим и соответственно, откорректировать все расчеты,

#### 4.10. Расчет установок горячего водоснабжения

Нормы расхода и температуру горячей воды в период наибольшего водоразбора при  $t_r = 65^\circ\text{C}$  принимают с учетом степени благоустройства зданий, климатических условий и др., нормы расхода горячей воды для жилого дома - по табл. 37. (в соответствии со [СНиП 2.04.01-85](#)).

Таблица 37. Норма расхода горячей воды

Потребители	Единица потребления	Норма $a_1$ расхода воды на 1 л при $t_r = 65^\circ\text{C}$
Жилые дома квартирного типа, оборудованные умывальниками, мойками, душами	На 1 чел/сут.	80-100
То же, с сидячими ванными, оборудованными душами	То же	100-110
То же с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	То же	110-130

##### 4.10.1. Расход теплоты (Вт) на нужды горячего водоснабжения для жилых домов

$$Q_{2.с} = k\varphi \frac{n_1 a_1 (65 - t_x)}{24}, \quad (26)$$

где  $k\varphi = 2,1$  - коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды;

$n_1$  - количество потребителей;

$a_1$  - норма горячей воды на одного потребителя (табл. 37);

$t_x$  - температура воды в сети холодного водопровода.

4.10.2. Расход горячей воды (л/ч) в зависимости от заданной температуры горячей воды до смешения  $t_g$

$$G_2^g = G_{см} \frac{t_{см} - t_x}{t_2 - t_x}, \quad (27)$$

где  $G_{см}$  - расход горячей (смешанной) воды у потребителя при  $t_{см}$ , л/ч;

$t_{см}$  - температура потребляемой (смешанной) воды, °С (табл. 38, 39);

$t_x$  - температура холодной воды.

Таблица 38. Нормы расхода воды в жилых зданиях на процедуру или 1 прибор

Прибор или процедура	Расход воды, л	Температура потребляемой воды, $t_{см}$ , °С
Ванна длиной:		
1200 мм с душем	250	37
1500 мм	275	37
1700 мм	300	37
Умывальник	3-5	25
Мойка кухонная	8-10	15

Таблица 39. Расходы воды и стоков санитарными приборами

Санитарные приборы	Расход воды, с			Расход воды, ч			Сво-бод-ный напор $H_f$	Расход стоков от прибора $G_2^k$	Мини-мальный диаметр условного прохода, мм	
	общий $G_2^{tot}$	холодной $G_2^c$	горячей $G_2^h$	общий $G_2^{tot}$	холодной $G_2^c$	горячей $G_2^h$			под-вод-ки	от-вод-ки
Умывальник, раковина со смесителем	0,12	0,09	0,09	60	40	40	2	0,15	10	32
Ванна со смесителем, в том числе общий для ванн и умывальника	0,25	0,18	0,18	300	200	200	3	0,8	10	40
Унитаз со сливным бачком	0,1	0,1	-	83	83	-	2	1,6	8	85

#### 4.10.3. Расход теплоты (Вт) на приготовление горячей воды для ванной

$$q_{\text{ван}} = 1,16 v_{\text{в}} \gamma_{\text{в}} (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}), \quad (28)$$

где  $v_{\text{в}}$  - расход воды на одну ванну (табл. 37);  $\gamma_{\text{в}}$  - плотность воды, соответствующая температуре  $t_{\text{г.в}}$ , кг/м<sup>3</sup> (табл. 28).

4.10.4. Продолжительность нагревания (ч) воды  $\tau$  до требуемой температуры зависит от теплопроизводительности котла и определяется по выражению  $\tau = q_{\text{ван}}/q_{\text{сист.}}$ .

4.10.5. Диаметр главного стояка системы отопления определяют при расчете системы. Этот стояк является составной частью циркуляционного кольца горячего водоснабжения, и его диаметр определяют вторично при расчете этого кольца. Если при сопоставлении обоих расчетов диаметр главного стояка получит разные значения, то принимают больший диаметр.

Внутридомовые разводящие сети и проводки к приборам холодной и горячей воды монтируют в соответствии с тепловым проектом принятого к строительству жилого дома. Согласно [СНиП 2.04.01-85](#) «Внутренний водопровод и канализация», материал внутренних трубопроводов, подающих холодную воду, следует принимать для подачи воды питьевого качества из стальных оцинкованных труб диаметром до 150 мм - не оцинкованных - при больших диаметрах или из других материалов, в том числе пластмасс, разрешенных для этих целей Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Минздрава РСФСР.

Трубопроводы системы горячего водоснабжения следует выполнять из стальных оцинкованных труб с минимально допустимой толщиной стенки по условной прочности и способа их соединения. Для трубопроводов системы горячего водоснабжения допускается применять неоцинкованные стальные трубы при диаметре свыше 150 мм и в открытых системах теплоснабжения. В системе горячего водоснабжения для подачи воды следует предусматривать установку смесителей с отдельной подводкой к ним горячей и холодной воды.

Расход воды и температуру в вентильных смесителях регулируют двумя вентильными головками, при конструкции с одной рукояткой - движением вправо-влево. Водоразборную арматуру различают в зависимости от вида санитарного прибора: умывальника, мойки, ванны и др.

Из трубопроводной арматуры, как правило, применяют запорную (задвижки и вентили).

Для сбора загрязненной воды, образующейся при подготовке пищевых продуктов к приготовлению, мытья посуды и другого, устанавливают мойки, имеющие одно или два отделения. Мойки изготавливают из чугуна, листовой стали с покрытием из эмали или нержавеющей стали. Мойка оборудуется смесителем, излив которого устанавливается на высоте 0,15-0,2 м от борта, что удобно для наполнения чайников, кастрюль и других бытовых емкостей. В центре или в углу чаши устанавливают латунный или пластмассовый выпуск ( $d = 40$  мм), к которому устанавливают гидрозатвор с воздушным разрывом 20-30 мм, что исключает проникновение загрязненной воды из канализационной сети в чашу. Мойку на два отделения оборудуют двумя выпусками и одним гидрозатвором. Умывальники (прямоугольные, полукруглые, овальные и др.) укрепляют на кронштейнах или устанавливают на постаменте, который закрывает гидрозатвор и трубы. Умывальники комплектуют разными видами кранов и смесителей.

Термосмеситель прямого действия ТСВБ-50-1 (табл. 40) для смешения холодной и горячей воды предназначают для установки в душевых кабинах.

Таблица 40. Термосмеситель ТСВБ-50-1

Параметры	Количество
Диапазон настройки, °С	От 10 до 50
Допустимый перепад давления между холодной и горячей водой, кПа	245
Допустимые колебания температуры в сетях, °С:	
холодной	5-20
горячей	50-90
Отклонение от заданной температуры смешанной воды при колебаниях давления и температуры в сетях горячей и холодной воды, °С	±2
Расход воды при свободном изливе и давлении холодной и горячей воды, равном 0,08 МПа, м <sup>3</sup> /ч	1
Диаметр условный подводящей и отводящей труб, мм	15
Масса, кг	2,5

Примечания: 1. Термосмеситель автоматически поддерживает заданную температуру смешанной воды независимо от колебания давления и температуры воды, подводимой к нему. Применение термосмесителя обеспечивает подачу воды необходимой температуры при пользовании душем.

2. Количество проходящей воды предварительно регулируют вентилем, находящимся под колпачком.

4.10.6. Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за период потребления (сутки, смену), который не должен превышать эксплуатационный (табл. 41).

Таблица 41. Диаметр условного прохода счетчика

Диаметр условного прохода счетчика, мм	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч			Порог чувствительности, м <sup>3</sup> /ч	Максимальный объем воды за сутки, м <sup>3</sup>	S
	минимальный	эксплуатационный	максимальный			
15	0,03	1,2	3	0,015	45	1,11
20	0,05	2,0	5	0,025	70	0,4
30	0,1	4	10	0,05	140	0,1
40	0,16	6,4	16	0,08	230	0,039
50	0,3	12	30	0,15	450	0,011
65	1,5	17	70	0,6	610	0,0063

4.10.7. Потери давления в счетчиках  $h_{\phi}$ , м, при расчетном расходе воды  $G_r$  ( $G_{tot}$ ;  $G_{гс}$ ;  $G_{2г}$ )

$$h' = S \cdot G_2^2, \quad (30)$$

где  $S$  - гидравлическое сопротивление счетчика (табл. 41).

4.10.8. Прокладку вводов водопровода и трубопроводов под полом внутри здания следует предусматривать в водонепроницаемых колодцах. Длину водонепроницаемых каналов на вводах в здания от наружного обреза фундамента здания до контрольного колодца принимают в зависимости от толщины слоя просадочных грунтов и диаметров трубопроводов (табл. 42.)

Таблица 42. Прокладка трубопроводов и водопровода под полом

Толщина слоя просадочного грунта, м	Длина канала, м, при диаметре труб, мм		
	до 100	от 100 до 300	свыше 300
До 5	Принимается как для непросадочных грунтов		
От 5 до 12	5	7,5	10
Свыше 12	7,5	10	15

4.10.9. Гидравлический расчет трубопроводов производят после решения принципиальной схемы и трассировки разводящих магистралей системы горячего водоснабжения.

Порядок расчета циркуляционной системы горячего водоснабжения с естественным побуждением следующий.

1. В зависимости от геометрических размеров системы задаются располагаемым напором, пользуясь эмпирическими формулами, предложенными Л.В. Хлудовым:

для верхней разводки

$$H_p^z = 0,4(k_1^z + 0,08L_u^z)(t_2^N - t_2^N)9,8, \quad \text{Па} \quad (31)$$

для нижней разводки

$$H_p^z = 0,25(k_2^z + 0,03L_u^z)(t_2^N - t_2^N)9,8, \quad \text{Па} \quad (32)$$

где  $k_1^z, k_2^z$  - расстояние по вертикали от центра водонагревателя до разводящего горизонтального трубопровода и до наивысшей точки водозабора, м;

$L_u^z$  - расстояние по горизонтали от водонагревателя до самой дальней точки водоразбора при изолированном трубопроводе, м;

$t_2^N, t_2^N$  - начальная температура горячей воды при выходе из водонагревателя и конечная при выходе из дальней точки водоразбора, °С.

2. При наличии аккумулятора теплоты, высоко расположенного над водонагревателем, значение  $H_p$  определяют по формуле

$$H_p^z = \beta G_a' (t_z^a - t_a) \quad (33)$$

где  $\beta$  - удельное гравитационное давление, принимаемое равным 6,27 Па на 1 м высоты;

$G_a'$  - расстояние по вертикали от центра водонагревателя до низа аккумулятора или равное до 1 м выхода горячей воды, м;

$t_z^a = 80-85$  - температура воды при выходе из аккумулятора в обратный стояк, °С;

$t_a = 95-98$  - то же при выходе из водонагревателя в восходящий стояк и затем в аккумулятор, °С.

3. По табл. 43 определяют потери напора  $H1$  при пропуске по водоразборной (подающей) сети только циркуляционного расхода.

Зная значения  $H_p^z$  и  $H1$ , находим напор, оставшийся на преодоление сопротивления циркуляционного трубопровода  $H_{ц} = H_p^z - H1$ , на основании чего выбираем диаметры сети при средней удельной потери на трение.

$$R_{ц}^z = 0,6 \frac{H_{ц}}{\sum L_z} 9,8 \quad \text{Па/м} \quad (34)$$

где  $\sum L_z$  - общая длина циркуляционного трубопровода, м;

0,6 - доля потерь давления на трение.

Циркуляционный напор  $H_{ц}$  должен быть на 25-30 % больше потерь напора  $H1$ .

Таблица 43. Параметры для гидравлического расчета стальных водогазопроводных труб ( $H1$  - потери напора на 1 м трубы, мм;  $v$  - скорость воды в трубе, м/с)

Расход воды, л/с	Диаметр труб (по <a href="#">ГОСТ 3262-75</a> ), мм							
	15		20		25		32	
	$v$	$H1$	$v$	$H1$	$v$	$H1$	$v$	$H1$
0,05	0,29	28	-	-	-	-	-	-
0,1	0,58	99	0,31	20,8	-	-	-	-
0,15	0,88	208	0,46	43	0,28	12,7	-	-
0,2	1,17	354	0,62	72,7	0,38	21,3	0,21	5,2
0,25	1,46	551	0,78	109	0,47	31,8	0,26	7,7
0,3	1,76	793	0,93	153	0,56	44,2	0,32	10,7
0,35	2,05	1079	1,09	204	0,66	58,6	0,37	14,1
0,4	2,34	1409	1,24	263	0,75	74,8	0,42	17,9
0,45	2,63	1784	1,40	333	0,85	93,2	0,47	22,1
0,5	2,93	2202	1,55	411	0,94	113	0,53	26,7
0,6	-	-	1,86	591	1,13	159	0,63	37,3

0,7	-	-	2,17	805	1,32	214	0,74	49,5
0,8	-	-	2,48	1051	1,51	279	0,84	63,2
0,9	-	-	2,79	1330	1,69	35	0,95	78,7
1	-	-	-	-	1,88	437	1,05	95,7
1,25	-	-	-	-	2,35	682	1,32	147
1,5	-	-	-	-	2,82	983	1,58	211
1,75	-	-	-	-	-	-	1,85	287
2	-	-	-	-	-	-	2,11	375
2,25	-	-	-	-	-	-	2,38	475
2,5	-	-	-	-	-	-	2,64	587
2,75	-	-	-	-	-	-	2,9	710

Окончание табл. 43

Расход воды, л/с	Диаметр труб (по <a href="#">ГОСТ 3262-75</a> ), мм									
	40		50		70		80		100	
	$v$	$H1$	$v$	$H1$	$v$	$H1$	$v$	$H1$	$v$	$H1$
0,25	0,20	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-
0,3	0,24	5,4	-	-	-	-	-	-	-	-
0,35	0,28	7,1	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,32	9	-	-	-	-	-	-	-	-
0,45	0,36	11,1	0,21	3,1	-	-	-	-	-	-
0,5	0,4	13,4	0,23	3,7	-	-	-	-	-	-
0,6	0,48	18,4	0,28	5,2	-	-	-	-	-	-
0,7	0,56	24,6	0,33	6,2	0,2	2	-	-	-	-
0,8	0,64	31,4	0,38	8,5	0,23	2,5	-	-	-	-
0,9	0,72	39	0,42	10,7	0,25	3,1	-	-	-	-
1	0,8	47,3	0,47	12,9	0,28	3,8	0,20	1,6	-	-
1,25	0,99	71,6	0,59	19,4	0,35	5,6	0,25	2,4	-	-
1,5	1,19	101	0,71	27	0,42	7,7	0,3	3,4	-	-
1,75	1,39	136	0,82	35,9	0,5	10,2	0,35	4,4	0,2	1,2
2	1,59	178	0,94	46	0,57	13	0,4	5,6	0,23	1,5
2,25	1,79	226	1,06	58	0,64	16,2	0,45	7	0,26	1,9
2,5	1,99	273	1,18	69,6	0,71	19,6	0,5	8,4	0,29	2,2

4. В необходимых случаях уточняют значение  $H_{\text{г}}^z$ . Вычислив потери теплоты в циркуляционной сети  $Q_{\text{тр}}$ , находят для каждого участка температурные перепады  $\Delta t_{\text{г}} = Q_{\text{тр}}/G_{\text{цг}}$ . Зная начальную температуру  $t_{\text{г}}^{\text{н}}$  и перепад  $\Delta t_{\text{г}}$ , определяют среднеарифметическое этих температур  $t_{\text{г}}^{\text{ср}}$  и плотность воды по табл. 88\* после чего окончательно уточняют расчетный располагаемый напор.

5. Если значение  $H$  отличается от суммы потерь в замкнутых расчетных кольцах по водоразборной и циркуляционной сети не более чем на 10 %, гидравлический расчет

можно считать законченным. В противном случае требуется соответственно изменить диаметр труб.

6. В циркуляционных системах горячего водоснабжения с насосным побуждением мощность насоса должна обеспечить подача воды (м) с напором  $H_n$  при таких условиях:

$$H_p^z = H_1 \left( \frac{0,15g_p + G_2^{\#}}{G_2^{\#}} \right)^2 + H_{\psi}, \quad (35)$$

где  $g_p$  - расчетный расход горячей воды, л/ч, определяемый по формуле

$$g_p = \frac{Q_{z\epsilon}}{t_2 - t_x}, \quad (36)$$

На напорной линии у насоса устанавливаются задвижка и обратный клапан, а на всасывающей линии - задвижка.

## **5. ПРИМЕР РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОДНОКВАРТИРНОГО 4-КОМНАТНОГО КИРПИЧНОГО ЖИЛОГО ДОМА С МАНСАРДОЙ**

Расчет приведен в системе единиц МКГСС и в единицах СИ в соответствии с техническим паспортом оборудования.

### **5.1. Архитектурно-планировочные и конструктивные показатели**

В доме запроектировано поквартирное отопление, водопровод, канализация, газификация, электроосвещение, радиофикация и телевидение. Высота этажа от пола 1-го до пола 2-го этажа 2,8 м; внутренняя лестница открытая, деревянная.

Климатические и технические показатели следующие.

Район постройки с обычными геологическими условиями. Расчетная температура наружного воздуха  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Перегородки между комнатами кирпичные, в санузле с ванной кирпич отштукатуренный толщиной 120 мм, на 1-2 этажах: с облицовкой глазурованной керамической плиткой Н-160.

Крыша чердачная, стропильная из древесных хвойных пород.

Утеплитель - минераловатные плиты толщиной 100 мм,  $\gamma = 300$  кг/м<sup>3</sup>.

Полы дощатые, паркетные, из керамической плитки по цементному слою и из линолеума, цементные бетонные.

Фундамент из сборные бетонных блоков.

При расчете приняты следующие нормативные нагрузки, кг/м<sup>2</sup>: снег 100, перегородки 100, пол 90, полезная нагрузка 150.

Цоколь - кирпич глиняный, обыкновенный, пластический пресованный марки 50 с  $\gamma = 1800$  кг/м<sup>3</sup>.

Наружные стены из красного эффективного кирпича с  $\gamma = 1600$  кг/м<sup>3</sup> с облицовкой лицевым керамическим кирпичом толщиной 380 мм с  $\gamma = 1600$  кг/м<sup>3</sup>.

Внутренние стены из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе марки 75 и 50 с  $\gamma = 1800$  кг/м<sup>3</sup> толщиной 250 мм.

Стены жилых комнат и коридора оштукатурены и оклеены бумажными обоями. Стены кухни оштукатурены и окрашены водоэмульсионной краской. Перегородки обыкновенный кирпич толщиной 120 мм. Стены ванной на высоту 1,6 м покрыты глазурованной плиткой, а выше оштукатурены и окрашены водоэмульсионной краской. Потолки - дерево, покрытое краской.

Перекрытия - железобетонные плиты с  $\gamma = 2500$  кг/м<sup>3</sup>; лестница с утеплителем с  $\gamma = 300$  кг/м<sup>3</sup>. Лестницы - деревянные, сборные бетонные.

Крыша - с чердаком, стропила дощатые, настил дощатый. Кровля шиферная (цветная) с одним слоем рубероида.

Площади помещений одноквартирного дома приведены в табл. 44.

Таблица 44. Характеристика помещений одноквартирного дома (типа III-A (угловой))

Наименование	Площадь, объем
1. Жилая площадь дома, м <sup>2</sup>	59,22
2. Общая площадь, м <sup>2</sup>	134,89
3. Общая приведенная площадь, м <sup>2</sup>	170,95
4. Площадь застройки без гаража, м <sup>2</sup>	148,46
5. Площадь застройки гаража, м <sup>2</sup>	22,49
6. Строительный объем без гаража, м <sup>3</sup>	622,21
7. Строительный объем гаража, м <sup>3</sup>	69,33
8. Тамбур на плане 1-го этажа, м <sup>2</sup>	1,6
9. Прихожая (2), м <sup>2</sup>	5,8
10. Общая комната (3), м <sup>2</sup>	22,19
11. Спальная комната (4), м <sup>2</sup>	9,70
12. Кухня (5), м <sup>2</sup>	13,4
13. Санузел с ванной (6), м <sup>2</sup>	3,5

14. Веранда (7), м2	16,8
15. Гараж (8), м2	19,26
16. Кладовая (9), м2	1,8
17. Встроенные шкафы (10), м2	0,15
18. Спальная комната (11), м	10,33
19. Спальная комната (12), м2	17,00
20. Встроенные шкафы (13), м2	1,5
21. Холл (14), м2	15,47
22. Коридор (15), м2	1,45
23. Подвал (16), м2	31,00

## 5.2. Теплотехнический расчет

Приступая к теплотехническому расчету наружных ограждений отапливаемого дома в соответствии с главой 3, следует указать на чертеже ориентацию здания по отношению к сторонам света, нумерацию помещений, размеры ограждающих конструкций, как показано на рис. 15. Все показатели и данные при расчете сводят в табл. 17.

Теплопотери лестничной клетки определяют как для одного помещения. При измерении наружных стен площадь окон не вычитают. Таким образом, фактически площадь окон учитывают дважды, поэтому в графе 9 табл. 45 проставляют только разность между коэффициентами теплопередачи окон и стен.

С учетом изложенного определяем теплопотери наружных ограждений. Подробно рассмотрим на примере общей комнаты 1-го этажа, площадь которой составляет 22,19 м2 (рис. 15).

Используя формулу  $R_n = \delta/\lambda$  находим термическое сопротивление отдельных однородных слоев ограждения м·°С /Вт (м2·ч·°С/ккал).

А. Восток:

1) кирпич глиняный обыкновенный на цементно-перлитовом растворе:

$$\delta = 380 \text{ мм}, \lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}) = 0,6 \text{ ккал}/(\text{м}2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{С}), \gamma = 1600 \text{ кг}/\text{м}3, R1 = 0,38/0,6;$$

2) облицовка - керамический пустотный кирпич, на цементно-песчаном растворе:

$$\delta = 120 \text{ мм}, \lambda = 0,64 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}) = 0,55 \text{ ккал}/(\text{м}2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{С}), \gamma = 1600 \text{ кг}/\text{м}3, R2 = 0,12/0,55;$$

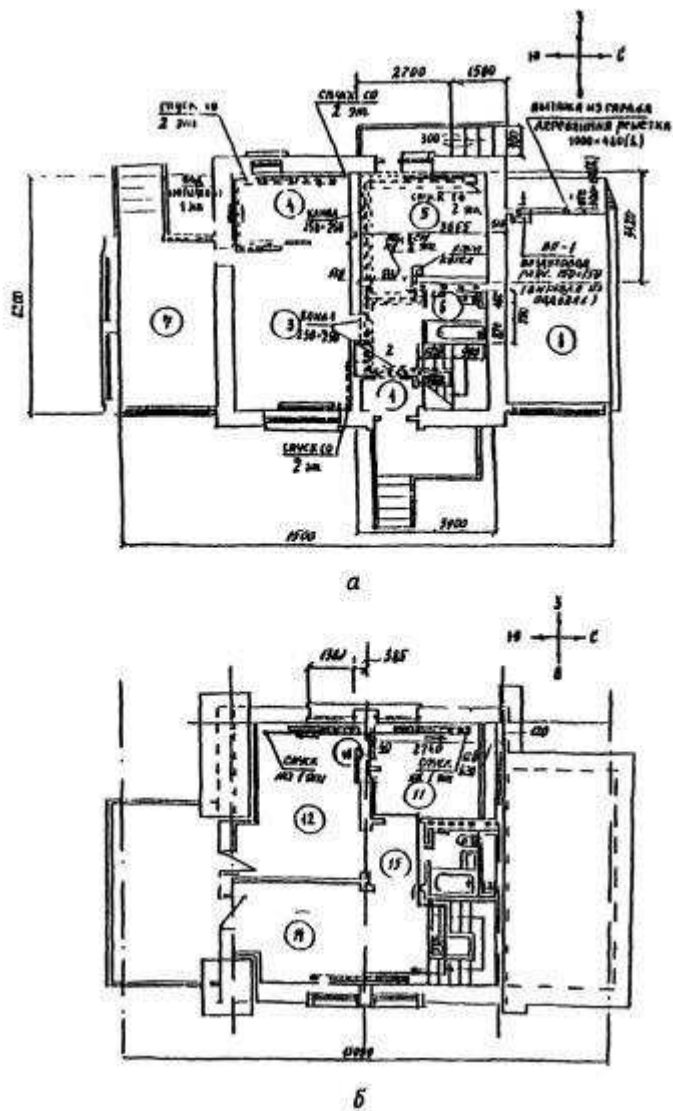


Рис. 15. Поэтажный план:

а - 1-го этажа; б - 2-го

Таблица 45. Расчет теплотерь наружных ограждений

Помещение	Наименование ограждения	Ориентация	Размер стороны $a \times b$ , м	Площадь ограждения $F$ , м <sup>2</sup>	Разность температур $t_n, t_h$ , °C	Поправочный коэффициент $\mu$	Коэффициент теплопроводности $k$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°C	Теплопотери $Q$ , Вт	Надбавки добавочных потерь, Вт	Общие теплотери помещения $\sum Q$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1-й этаж										

Общая комната (3) $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$	Нст	Ю	5,6×2,8	18,3	48	0,4	0,97	343,0	51,45	394,4
	Нст	В	4,15×2,8	11,6	48	-	1,09	608,7	121,7	730,4
	Д.О.	В	1(1,3×1,6)	2,08	48	-	2,7-1,09	160,7	32,15	192,8
	Дв.О.	Ю	1(2×0,9)	1,8	48	-	4,6-0,97	313,6	47,0	360,5
	П	-	3,65×6,1	22,19	48	0,6	0,73	465,5	-	466,5
										2144,7
Спальня комната (4) $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$	Нст	Ю	3,2×2,8	8,96	48	-	1,09	468,7	70,3	539
	Нст	З	4,15×2,8	11,6	48	-	1,09	606,9	91,0	697,9
	Д.О.	З	1(1,3×1,6)	2,08	48	-	2,7-1,09	160,7	24,1	184,8
	П	-	2,66×3,65	9,7	48	0,6	0,73	203,9	-	203,9
										1625,6
Кухня (5) $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$	Нст	З	4,135×2,8	11,6	45	-	1,09	568,9	85,3	654,2
	Нст	С	3,95×2,8	11,05	45	0,4	0,97	193,1	38,6	231,7
	Д.О.	З	(1,2×1,6)	1,92	45	-	2,7-1,09	139,1	28,8	167,9
	Дв.О стекл.	З	1(2×0,95)	1,8	45	-	3,7-1,09	211,4	31,7	243,1
	П	-	3,696×3,63	13,4	45	0,6	0,85	307,5	-	307,5
										1604,4
Ванная (6) $t_{в} = 25^{\circ}\text{C}$	Нст	С	2,04×2,8	5	55	0,4	1,07	117,7	23,5	141,2
	П	-	2,0×1,73	3,5	55	0,6	0,68	78,5	-	78,5
										219,7

Окончание табл. 45

Помещение	Наименование ограждения	Ориентация стороны света	Размер ограждения $a \times b$ , м	Площадь ограждения $F$ , м <sup>2</sup>	Разность температур $t_{в} - t_{н}$ , °C	Поправочный коэффициент $\alpha$	Коэффициент теплопередачи $k$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°C	Теплопотери $Q$ , Вт	Общие надбавки до тепловых потерь помещения $\Delta Q$ , Вт	
									10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коридор (2)	П	-	3,2×1,8	5,8	48	0,6	0,73	121,9	-	121,9

$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$											
Тамбур	Нст	В	2,02×2,8	5,6	46	-	1,09	280,8	56,2	337	
(1)	Дв.О	В	1(2×0,9)	1,8	46	-	4,6-1,09	290,6	58,12	348,7	
$t_{в} = 16^{\circ}\text{C}$											
	П	-	1,77×0,9	1,6	46	0,6	0,73	32,2	-	32,2	
											717,9
Лестниц	Нст	С	2,8×5,6	15,7	48	-	1,04	783,7	156,7	940,4	
а	Нст	В	2,66×5,6	14,9	48	0,4	1,09	311,8	62,4	374,2	
1, 2-го	Пр.	(черда -	(2,3×2,15	4,61	48	0,75	0,62	102,8	-	102,8	
этажей	к)		-0,29)								
$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$											
											1417,4
											Итого по 1-му этажу
											7851,6
2-й этаж											
Спальна	Нст	3	4,135×2,	11,5	48	-	1,09	601,7	90,2	691,9	
я			8								
комната	Нст	С	3,95×2,8	11,05	48	-	1,09	578,1	115,6	693,7	
(12)											
$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$											
	Д.О.	3	1(1,3×1,6	2,08	48	-	2,7-1,09	160,7	24,1	184,8	
			)								
	Пр.	-	3,69×2,7	10,33	48	0,75	0,62	230,5	-	230,5	
			9								
											1800,9
Спальна	Нст	Ю	5,36×2,8	15,0	48	-	1,04	748,8	112,3	861,1	
я											
комната	Нст	3	4,15×2,8	11,62	48	-	1,09	607,9	91,2	699,1	
(13)											
$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$											
	Д.О.	3	1(1,3×1,6	2,08	48	-	2,7-1,09	160,7	24,1	184,8	
			)								
	Дв.О.	Ю	1(2×0,9)	1,8	48	-	4,6-1,04	307,6	46,1	353,7	
	Пр.	-	3,49×4,8	17,0	48	0,75	0,62	379,4	-	379,4	
			6								
											2478,1
Коридор	Пр.	-	0,84×1,7	1,45	48	0,75	0,62	32,3	-	32,3	
(11)			3								
$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$											
Ванная	Нст	С	2,25×2,8	6,3	55	-	1,09	377,7	75,5	453,2	
$t_{в} = 25^{\circ}\text{C}$											
	Пр	-	1,53×2,0	3,06	55	0,75	0,62	78,2	-	78,2	
											531,4
Холл	Нст	Ю	3,42×2,8	9,6	48	-	1,04	479,2	71,9	551,1	
(14)											
$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$											
	Нст	В	5,9×2,8	16,5	48	-	1,09	863,3	172,6	1035,9	
	Д.О	В	2(1,3×1,6	4,16	48	-	2,7-1,09	321,5	64,3	385,8	
			)								
	Дв.О	Ю	1(2×0,9)	1,8	48	-	4,6-1,04	307,6	46,1	353,7	
	Пр	-	5,3×2,92	15,47	48	0,75	0,62	345,3	-	345,3	
											2671,8
											Итого по 2-му этажу
											7514,5

Примечания: 1. Результаты теплотехнического расчета показали, что общие потери теплоты в жилых помещениях 4-комнатного кирпичного жилого дома с мансардой составили 15373,6 Вт.

2. Условные обозначения: Нст - наружная стена; Д.О. - дверь одинарная; Дв. О. - окно с двойным остеклением; П - пол; Пр - перекрытие.

3) штукатурка - цементно-шлаковый раствор:  $\delta = 0,015$ ;  $\lambda = 0,64 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}) = 0,55 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{С})$ ;  $\gamma = 1400 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$$R_3 = 0,015/0,55$$

Б. Юг - строительные материалы те же.

Определяем сопротивление теплопередаче ограждений по формуле (1):

$$R_{0, \text{Восток}} = 0,133 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,12}{0,55} + \frac{0,015}{0,55} + 0,05 = \\ = 1,063 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{ч} / \text{ккал} = 0,91 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С} / \text{Вт}.$$

$$R_{0, \text{Юг}} = 0,133 + \frac{0,38}{0,6} + \frac{0,12}{0,55} + \frac{0,015}{0,55} + 0,2 = 1,2 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}\cdot\text{ч} / \text{ккал} = 1,03 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С} / \text{Вт}.$$

Найденное значение общего сопротивления теплопередаче наружного ограждения всегда должно иметь небольшой запас, т.е.  $R_0 \geq R_{\text{тр}}$  в соответствии с п. 3.3. По формуле (3) вычисляем  $R_{\text{тр}}$

$$R_{\text{тр}0} = \frac{(18 + 30) \cdot 1 \cdot 0,133}{6} = 1,064 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{С} / \text{ккал} = 0,915 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С} / \text{Вт}.$$

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций по формуле  $K = 1/R_0$  ;

$$k_{\text{Восток}} = 1/1,063 = 0,94 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{С}) = 1,09 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С});$$

$$k_{\text{Юг}} = 1/1,2 = 0,83 \text{ ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot^\circ\text{С}) = 0,97 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}).$$

Основные потери теплоты через ограждающие конструкции рассчитываем во формуле (4):

$$Q_{\text{Юг}} = 18,5 \cdot 0,83 \cdot 0,4 \cdot 48 = 294,8 \text{ ккал}/\text{ч} = 343 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{Восток}} = 11,6 \cdot 0,94 \cdot 48 = 523,4 \text{ ккал}/\text{ч} = 608,7 \text{ Вт},$$

Расчет сводим в табл. 45, где в графе 8 - значения из вывода (стр. 34), 10 - из табл. 15, для Нст Юг - 15 %; Нст Восток - 20 %; Нст Запад - 15 %; Нст Север - 20 %; ДоВ - 20 %; ДвоЮ - 15 %; П - 0; ДоЗ - 15 %; ДвоЗ - 15 %.

Определяем теплотопотери для пола по формуле (7).

Для этого сопротивление теплопередаче конструкции пола для утепленных полов  $R_{\text{у.п}}$  - по формуле (6), где

а) утеплитель - жесткие минеральные плиты:  $\delta = 100$  мм;  $\gamma = 300$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda = 0,093$  Вт/(м·°С) = 0,08 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

б) асфальтобетон:  $\delta = 50$  мм;  $\gamma = 2100$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda = 1,046$  Вт/(м·°С) = 0,9 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

в) фанера клееная:  $\delta = 4$  мм;  $\gamma = 600$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda = 0,15$  Вт/(м·°С) = 0,13 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);

г) сосна и ель (поперек волокон):  $\delta = 16$  мм;  $\gamma = 550$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda = 0,14$  Вт/(м·°С) = 0,12 ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С).

$$R_x = \frac{1}{0,85} \cdot \left( \frac{0,1}{0,08 \cdot 1,1} + \frac{0,05}{0,9} + \frac{0,004}{0,13} + \frac{0,016}{0,12} \right) = 1,37 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт} = 1,59 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С} / \text{ккал}.$$

Коэффициент теплопередачи пола определяем по формуле  $K = 1/R_x$

$$K_p = 1/1,59 = 0,73 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С}) = 0,63 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С}).$$

Аналогично расчету общей комнаты рассчитываем теплопотери других помещений жилого дома. Результаты расчета сводим в табл. 45

### 5.3. Расчет поверхности нагрева и подбор приборов

Найти требуемую поверхность нагрева и разместить радиаторы М-140 (характеристика которых дана в табл. 4) на примере общей комнаты площадью 22,19 кв.м на первом этаже 2-этажного дома согласно плану:  $Q_{\text{кон}} = 2144,7$  Вт;  $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{С}$  (табл. 1).

Система отопления водяная двухтрубная с верхней разводкой. Параметры теплоносителя  $t_{\text{п}} = 90^\circ\text{С}$ ,  $t_0 = 70^\circ\text{С}$ .

Прокладка труб открытая. Высота от верха прибора до подоконника 80 мм (табл. 21). Подводки к радиаторам выполнены «напрямую».

Определяем разность между средней температурой воды в приборе и температурой воздуха в помещении (табл. 5).

$$\Delta t_z = t_{\text{ср}} - t_{\text{в}} = \frac{90 + 70}{2} - 18 = 62^\circ\text{С}.$$

Определяем поверхность нагревательных приборов по формуле (10)

$$F_{\text{нр}} = \frac{2144,7}{1,163 \cdot 7,98(62 - 10) \cdot 11} \cdot 1,0 \cdot 1,05 = 4,74 \text{ экм}.$$

Количество секций приборов М-140 определяем по формуле (11) и табл. 2.

$$n_c = \frac{4,74}{0,31} = 15 \text{ шт}.$$

На основании полученного общего количества секций радиаторов и разбивки отопительных стояков в помещении находим фактическую теплоотдачу приборов с

учетом поправок  $\beta_1$  на количество секций (табл. 3, 19). Возможное количество секций к установке для каждого прибора:

$$q_{\text{пр1}} = 10 \cdot 0,31 \cdot 415 : 1,01 = 1481,3 \text{ Вт};$$

$$q_{\text{пр2}} = 5 \cdot 0,31 \cdot 415 : 0,98 = 763,3 \text{ Вт};$$

$$q_{\text{пр1,2}} = 1273,7 + 656,3 = 2444 \text{ Вт}.$$

Относительный расход воды через прибор вычисляем по формуле (12) и табл. 18

$$\bar{g} = \frac{415}{20 \cdot 17,4} = 1,19.$$

Расчет фактической теплоотдачи приборов на количество секций находим по формулам (10-12) для других помещений в жилом доме. Данные сводим в табл. 46.

Таблица 46. Теплоотдача отопительных приборов

Жилые помещения	Теплопотери в помещении, $Q$ , Вт	Поверхность нагревательных приборов $F_{\text{пр}}$ , экм	Количество секций к установке для каждого прибора		Теплоотдача каждого прибора с учетом секций, Вт	
			$nc1$	$nc2$	$q_{\text{пр1}}$	$q_{\text{пр2}}$
1-й этаж						
1. Общая комната	2144,7	4,74	10	5	1481,3	763,3
$t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$						
2. Спальная комната	1625,6	3,5	12	-	1813*4	-
$t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$						
3. Кухня	1604,4	3,26	11	-	1629,5	-
$t_{\text{в}} = 15^{\circ}\text{C}$						
4. Ванная	531,4	1,34	5	-	763,4	-
$t_{\text{в}} = 25^{\circ}\text{C}$						
5. Коридор, тамбур	846,2	1,63	5	-	763J4	-
$t_{\text{в.к}} = 18^{\circ}\text{C};$						
$t_{\text{в.т}} = 16^{\circ}\text{C}$						
2-й этаж						
6. Спальная комната	1700,9	3,92	13	-	1964,5	-
$t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$						
7. Спальная комната	2478,1	5,4	16	-	2441,8	-
$t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$						

8. Холл 4130,2 8,98 15 15 1892 1892

$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$

Коридор

$t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$

Лестница

Таким образом, в результате подбора нагревательных приборов установили, что количество секций для 4-комнатного жилого дома с мансардой составило 106 шт. с суммарной фактической теплоотдачей принятых к установке приборов с учетом поправок 15404,6 Вт, что примерно на 7% больше теплопотерь помещения. Полученное расхождение находится в допустимых пределах, поэтому расчет нагревательных приборов можно считать законченным.

#### 5.4. Гидравлический расчет системы отопления при естественной циркуляции

На плане двухэтажного дома (рис. 15, 16) показаны расположения стояков, приборов системы отопления и схема прокладки горячей линии.

На рис. 17 представлены схемы отопления того же дома с разбивкой на циркуляционные кольца.

Уклоны графически не показаны, а лишь обозначены стрелками, направленными в соответствующую сторону.

Принято, что центр нагрева воды в котле (на 150 мм выше колосниковой решетки) и центр охлаждения воды в отопительных приборах (посередине прибора).

Определены длины участков трубопровода и тепловые нагрузки.

Расчетный перепад температур в системе  $\Delta t_c = 90^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$ .

К установке в помещениях приняты радиаторы М-140-А.

Расчет трубопроводов следует начать с наиболее неблагоприятного циркуляционного кольца.

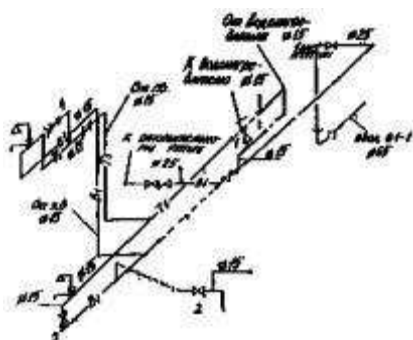


Рис. 16. Схема холодного и горячего водоснабжения:

*B1* - трубопровод холодной воды; *T3* - горячей;  $\text{⋈}$  - задвижка;  $\text{⋈}$  - вентиль

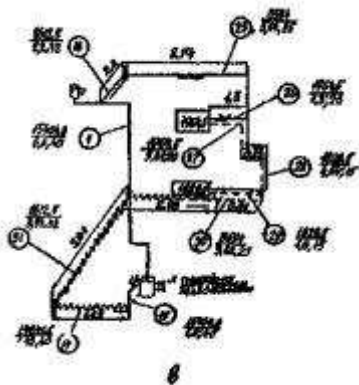
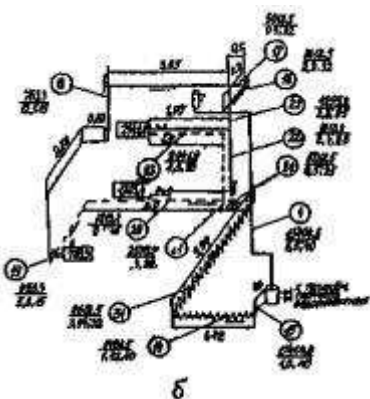
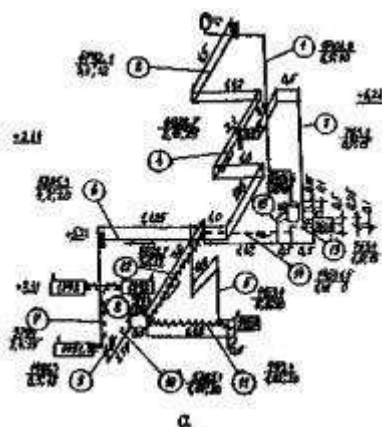


Рис. 17. Схема для расчета гидравлического кольца системы отопления:

*a* - 1-го; *б* - 2-; *в* - 3-го

Наиболее неблагоприятным циркуляционным кольцом следует считать: при естественной циркуляции - кольцо, у которого в зависимости от располагаемого давления значение  $R_{\text{ср}}$  будет наименьшим.

5.4.1. Определить предварительный расчетный перепад давления по формуле (17). По условиям прокладки труб принимаем коэффициент  $\epsilon = 0,4$ .

Рассматриваем 1-е циркуляционное кольцо с приборами № 1; 2-3; 4; 5.

Ориентировочное предварительное давление для кольца составит:

через приборы № 2-3

$$H_0 = [0,4 \cdot 6,5(10,9 + 6,5) + 0,1(977,81 - 965,34)] \cdot 9,81 = 455,6 \text{ Па};$$

через прибор 4

$$H_0 = [0,4 \cdot 6,5(9,55 + 6,5) + 0,1(977,81 - 965,34)] \cdot 9,81 = 421 \text{ Па};$$

через прибор 5

$$H_0 = [0,4 \cdot 6,5(4,88 + 6,5) + 0,1(977,81 - 965,34)] \cdot 9,81 = 303,0 \text{ Па}.$$

Рассматриваем 2-е циркуляционное кольцо с приборами № 6, 7-8,

Ориентировочное предварительное давление для кольца составит:

через прибор 6

$$H_0 = [0,4 \cdot 6,5(6,93 - 6,5) + 0,1(977,81 - 965,34)] \cdot 9,81 = 402 \text{ Па};$$

через приборы 7-8

$$H_0 = [0,4 \cdot 6,5(2,70 + 6,5) + 0,1(977,81 - 965,34)] \cdot 9,81 = 246,4 \text{ Па},$$

Рассматриваем 3-е циркуляционное кольцо с приборами № 9-10.

Ориентировочное предварительное давление для кольца составит:

через приборы 9-10

$$H_0 = [0,4 \cdot 6,5(4,94 + 6,5) + 0,1(977,81 - 965,34)] \cdot 9,81 = 303,5 \text{ Па}.$$

Первое произведение - циркуляционное давление, получаемое вследствие охлаждения воды в трубопроводах, второе - давление, обусловленное разницей в высоте расположения котла и прибора.

Проведенные расчеты показывают, что давление, получаемое вследствие охлаждения воды в трубопроводе значительно больше дополнительного давления, которое получается в результате превышения центра охлаждения воды в приборе над центром нагрева воды в котле (для нашего случая 0,1 м).

5.4.2. Средние удельные потери давления и трение определяем по формуле (18):

через приборы № 1; 2-3

$$R_{\text{ф}} = \frac{0,5 \cdot 455,6}{31,7} = 7,2 \text{ Па},$$

через прибор № 4

$$R_{\text{ф}} = \frac{0,5 \cdot 421}{29,9} = 7,0 \text{Па};$$

через прибор № 5

$$R_{\text{ф}} = \frac{0,5 \cdot 302}{18,6} = 8,1 \text{Па};$$

через прибор № 6

$$R_{\text{ф}} = \frac{0,5 \cdot 402}{35,1} = 5,7 \text{Па};$$

через приборы № 7-8

$$R_{\text{ф}} = \frac{0,5 \cdot 246,4}{24,3} = 5,06 \text{Па};$$

через прибор № 9-10

$$R_{\text{ф}} = \frac{0,5 \cdot 303,5}{28,7} = 5,3 \text{Па}.$$

5.4.3. По найденным значениям  $R_{\text{ср}}$  рассчитываем диаметры трубопровода самого длинного циркуляционного кольца (в примере 2-е циркуляционное кольцо с нагревательными приборами № 6-8).

Результаты расчета сводим в табл. 47.

5.4.4. Подводя итог гидравлического расчета циркуляционного кольца с нагревательными приборами № 6-8 делаем вывод, что запас по сравнению с определенным ориентировочно циркуляционным давлением  $(648,4 - 559,0)/648,4 \cdot 100 \% = 13,8 \%$  является допустимым.

Согласно п. 4.7.7 расчет трубопровода оставляют без изменения.

5.4.5. После предварительного подбора трубопроводов, который для гидравлических колец 1, 3 производится так же, как для кольца № 2, переходим к его тепловому расчету, определяя последовательно по участкам от котла по ходу воды тепловыделения трубопроводом и температуру воды в начале и конце расчетных участков, а результаты сводим в таб. 48.

Таблица 47. Результаты гидравлического расчета системы отопления при естественной циркуляции

Номер участка, прибора	Нагрузка на участке		Длина $L_i$ , м	Диаметр $d$ , мм	Расчетные данные					Изменения		
	$q_i$ , Вт	$q_i$ , кг/ч			предварительные							
					$v$ , м/с	$R_i/\mu$ , Па	$R_i$ Па	$L_i$ Па	$\Delta \xi$ , Па	$Z_i$ , Па	$R_i L_i + Z_i$ , Па	

Циркуляционное кольцо приборов №6 Н0 = 402 Па

1	15404,6	662	6,5	40	0,14	8,3	54,1	7,0	67,4	121,4
16	8612,5	370	2,2	32	0,103	5,8	12,9	1,5	6,4	18,6
17	5018,5	216	0,5	32	0,059	2,2	1,08	1,0	1,8	2,8
18 с прибором № 6	763,3	33	12,1	15	0,047	3,5	42,7	13,5	14,7	56,8
19	763,3	33	5,6	15	0,047	3,5	19,6	4,5	5,4	25,0
21	2576,7	111	1,4	20	0,086	6,8	9,6	1,0	3,5	13,1
24	5018,5	216	0,5	25	0,106	9,3	4,6	1,5	5,9	10,5
31	8612,5	370	3,94	32	0,103	5,9	232	1,5	6,4	28,9
14	14641	649	1,42	40	0,135	7,8	11,1	1,5	14,7	25,5
15	15404,6	662	1,0	40	0,14	8,3	54,1	0,5	8,8	62,7

$\dot{a} = 365 \text{ Па}$

Циркуляционное кольцо приборов № 7, 8 Н0 = 246,4 Па

22	4255,2	183	2,8	25	0,089	6,86	19,2	1,5	4,02	23,2
Прибор № 8	2441,1	105	1,95	20	0,083	6,37	12,42	12,5	47,7	60,1
23	2441,8	105	4,3	20	0,083	6,37	27,4	3,0	10,5	37,9
Прибор № 7	1813,4	78	4,3	20	0,062	3,53	15,17	12,5	25,7	408
20	1813,4	78	0,5	15	0,119	21,5	10,7	3,0	21,1	31,8

Общий итог для приборов № 6-8

$\dot{a} = 559,0 \text{ Па}$

Таблица 48. Результаты теплового расчета трубопроводов системы

Номер участка, прибор а	Количество воды проходящей по участку $q_i$ , кг/ч	Длина участка $L_i$ , м	Диаметр трубы $d$ , мм	Температура воды в начале участка $t_{нач i}$ , °C	Температура в помещении $t_{в, °C}$	Температура в окружающей среде $t_{ср}$ , °C	Теплотери в трубе $q_{тр}$ , Вт/м	Тепловыделения в трубопроводе $q_{тр i}$ , Вт	Понижение температуры воды $\Delta t_i$ , °C	Температура воды в конце участка $t_{кон}$		
1	662	5,5	40	90	16	74	157,0	1020,5	1,3	88,7		
16	370	2,2	32	88,7	16	72,7	143,0	314,7	0,73	87,9		
17	216	0,5	32	87,9	16	71,9	139,5	69,7	0,27	87,6		
18	33	3,65	15	87,6	16	71,6	143,0	522,2	13,6	74,0		
		3,02		74,0		58		51,2		154,6	4,0	70,0
		2,66		70,0		54		47,7		126,7	3,3	66,7
		2,4		66,7		50,7		46,5		111,6	2,9	63,8
		0,5		63,8		47,8		43,0		21,5	0,56	63,2
Прибор № 6	-	-	-	63,2	-	20	-	-	-	43,2		
19	33	5,5	15	43,2	16	27,2	25,5	143,3	3,7	39,5		

22	183	2,8	25	87,6	16	71,6	110,5	309,3	1,45	86,1
	1,05	1,95	20	86,1	16	70,1	86,1	167,8	1,37	84,7
Прибор № 8	-	-	-	84,7	-	20	-	-	-	64,7
23	105	4,3	20	64,7	16	48,7	56,9	245,0	2,0	62,7
22а	78	2,4	20	86,1	16	70,1	86,1	370,1	4,1	82,1
Прибор № 7	-	-	-	82,1	-	20	-	-	-	62,1
20	78	0,5	15	62,1	16	42,1	36,05	18,03	0,2	61,9
21	111	1,4	20	55,2	16	39,2	43,0	60,2	0,46	54,7
24	216	0,5	25	58,6	16	42,6	58,2	29,1	0,115	58,5
31 изол.	370	3,94	32	58,5	16	42,5	72,2	57,7	0,13	58,37
14 изол.	549	1,42	40	58,37	16	42,3 7	77,9	22,1	0,029	58,34
15	662	1,0	40	58,34	16	42,3 4	77,9	77,9	0,1	58,24

а) перепад температуры воды в начале главного стояка (уч. 1) и воздуха в помещении -  $t_{п} - t_{в} = 90 - 16 = 74^{\circ}\text{C}$  и т.д. (графа 7);

б) для заполнения графы 8 используем вспомогательную табл. 49;

Таблица 49. Теплотери в окружающую среду (Вт) на 1 м  $q'$  неизолированных труб, наполненных водой при разности температур теплоносителя и окружающего воздуха

Разность температуры $t_{нач\ i} - t_{в}, ^{\circ}\text{C}$	Условный проход (диаметр) труб стальных водогазопроводных (газовых) <a href="#">ГОСТ 3262-75</a> , мм					
	15	20	25	32	40	50
42	36,0	45,3	57,0	72,1	76,8	88,4
46	39,5	50,0	62,8	79,1	83,7	96,5
50	44,2	57,0	70,9	89,6	96,5	110,5
54	47,7	61,6	75,6	97,7	104,7	118,6
58	51,2	65,1	82,6	104,7	112,8	126,8
62	57,0	73,3	91,9	116,3	124,4	143,0
66	61,6	77,9	96,5	123,8	133,7	152,4
70	67,5	86,1	108,2	137,2	147,7	161,7
74	72,1	90,7	114,0	145,4	157,0	170,9
78	75,6	95,4	121,0	152,4	165,1	180,3
82	79,1	101,2	126,8	160,5	170,9	189,6
86	83,7	105,8	132,8	169,8	182,6	198,9
90	96,5	123,3	155,8	197,7	207,0	234,9

в) теплоотдачу изолированной трубы в нашем примере это уч. 14, 31, рассчитываем по формуле

$$q_{\text{тр}} = q\varphi Li(1 - \eta_{\text{и}}),$$

где  $\eta_{\text{и}} = 0,8$  - КПД изоляции (для открыто проложенных в помещении участков трубопроводов  $\eta_{\text{и}} = 0$ );

$$q_{\text{тр}1} = 157,0 \cdot 6,5 \cdot 1 = 1020,5 \text{ Вт}$$

$$q_{\text{тр}31} = 72,2 \cdot 3,94(1 - 0,8) = 57,7 \text{ Вт}$$

и т.д. (графа 9);

г) при расходе воды  $g_{\text{и}} = 602 \text{ кг/ч}$  на участке получим понижение температуры воды

$$\Delta t_1 = 1020,5 / 1,163 \cdot 662 = 1,3^\circ\text{C} \text{ (графа 10),}$$

а конечную температуру воды

$$\Delta t_{\text{кон}1} = 90 - 1,3 = 88,7^\circ\text{C} \text{ и т.д. (графа 11);}$$

д) для обратного трубопровода участка после смешивания воды получим температуру обратной воды  $t_{\text{об}}$ .

Температуру воды в начале участка № 24 найдем из теплового баланса по участку № 23, в котором перемещается  $105 \text{ кг/ч}$  воды с конечной температурой  $t_{\text{кон}23} = 62,7^\circ\text{C}$  и по участку № 21 -  $111 \text{ кг/ч}$  с  $t_{\text{кон}21} = 54,7^\circ\text{C}$ .

После смешивания в начале участка № 24 получим температуру воды

$$t_{\text{ноб}24} = \frac{106 \cdot 62,7 + 111 \cdot 54,7}{105 + 111} = 58,6^\circ\text{C};$$

е) в результате всего расчета получим конечную температуру воды последнего участка  $t_{\text{кон}15} = 58,24^\circ\text{C}$ ;

ж) находим действительное давление для наиболее отдаленного прибора № 6:

средняя температура и плотность воды в стояке

$$t_{\text{ср.ст}} = (63,2 + 63,8) : 2 = 63,5^\circ\text{C}; \gamma_{63,5} = 981,4 \text{ кг/м}^3;$$

температура воды и плотность воды, входящей в прибор № 6

$$t_{\text{пр}6} = 63,2^\circ\text{C}; \gamma_{63,2} = 981,57 \text{ кг/м}^3;$$

температура и плотность воды, выходящей из котла

$$t_{\text{г}} = 90^\circ\text{C}; \gamma_{90} = 965,34 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда, пользуясь формулой (21), определяем

$$H_{\text{г}} = [0,9 \cdot 24(981,4 - 965,34) + 0,5 \cdot 0,5(981,57 - 965,34) + 0,1(990,99 - 965,34)] \cdot 9,81 = 404,7 \text{ Па.}$$

Получив действительное циркуляционное давление, сравниваем его с потерями давления в данном кольце трубопровода. Полученное расхождение  $(404,7 - 365)/404,7 \cdot 100\% = 9,7\%$  находится в допустимых пределах.

Таким же образом производится расчет через 2-е и 3-е циркуляционные кольца.

5.4.6. По общей теплотребности дома определяют расход воды в системе отопления по формуле (25)

$$G_c = 15404,6 / (90 - 70) = 770,23 \text{ кг/ч.}$$

Принятое в расчете количество циркулирующей воды (табл. 48) равно 662 кг/ч. По условиям подразд. 4.9. расхождение составит  $(662 - 770,23) / 770,23 \cdot 100\% = -14\%$ , что находится в допустимых пределах.

## 5.5. Расчет горячего водоснабжения

5.5.1. Определяем нормы расхода и температуру горячей воды (табл. 37, 38):

- а) норма расхода на 1 чел. горячей воды при  $t_g = 65^\circ\text{C}$  составляет 110-130 л;
- б) норма расхода воды на одну процедуру в ванной длиной 1700 мм при  $t_{см} = 37^\circ\text{C}$  составляет 300 л;
- в) температура холодной воды равна  $5^\circ\text{C}$ ;
- г) расчетный часовой расход теплоты на нужды горячего водоснабжения определяют по формуле (26)

$$Q_{г.г} = \frac{1,163 \cdot 2,1 \cdot 1 \cdot 130(65 - 5)}{24} = 0,79 \text{ кВт.}$$

Расход горячей воды в зависимости от температур  $t_g$  и  $t_{см}$  определяют по формуле (27)

$$G_g = 300 \frac{37 - 5}{65 - 5} = 160 \text{ л / ч.}$$

Расход теплоты на приготовление горячей воды для ванной определяют по формуле (28)

$$q_{ван} = 1,16 \cdot 0,13 \cdot 980,59(65 - 5) = 8900 \text{ Вт} = 8,9 \text{ кВт.}$$

Определяем максимальную теплопроизводительность котла с учетом горячего водоснабжения  $q_{сист}^2 = 15404,6 + 8900 = 24,3 \text{ кВт.}$

Продолжительность  $\tau$  нагревания воды определяют по формуле (29)

$$\tau = \frac{8,9}{24,3} = 0,37 \text{ ч.}$$

Для данного примера при малой протяженности трубопроводов горячего водоснабжения гидравлический расчет не проводят.

Количество воды, которое должно циркулировать в системе горячего водоснабжения при отсутствии водоразбора, зависит от теплотерь подающих трубопроводов, необходимо определить их диаметры, выбрать способ прокладки трубопроводов и тип изоляции. В жилых зданиях теплотери подающих трубопроводов ориентировочно определяют по формуле

$$Q_{\text{ном}}^2 = 0,05 Q_{2.г}, \text{ кВт}^2$$

где  $Q_{г.в}$  - расчетный часовой расход теплоты на нужды горячего водоснабжения, кВт.

В данном примере теплотери подающих трубопроводов будут равны  $Q_{\text{ном}}^2 = 0,05 \cdot 0,79 = 0,04$  кВт.

На приготовление горячей воды для ванной теплотери подающих трубопроводов  $Q_{\text{ном}(в)}^2 = 0,05 \cdot 8,9 = 0,45$  кВт.

Емкость расширительного бака определяем по формуле (16)

$$V_{р.б} = 0,0017 \cdot 24,3 = 400 \text{ л.}$$

По табл. 25 выбираем марку бака - 5Е010.

## 5.6. Пример гидравлического расчета системы отопления при насосной циркуляции

Рассчитываем наиболее протяженное гидравлическое кольцо. В данном случае - это кольцо № 2, проходящее через прибор № 6 1-го этажа, имеющего тепловую мощность  $q_{пр} = 763,3$  Вт (рис. 18).

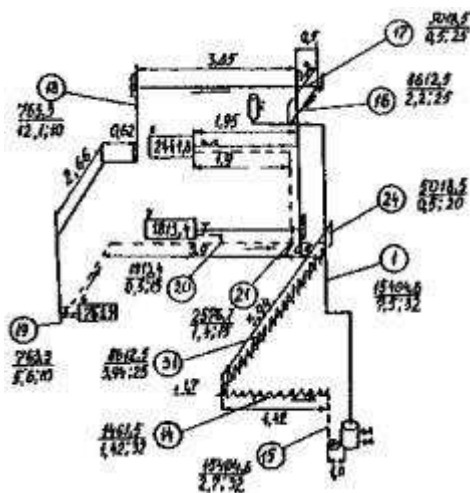


Рис. 18. Схема для расчета гидравлического кольца системы отопления с насосной циркуляцией

Длина главного циркуляционного кольца  $L$  составляет 38,8 м. Среднюю потерю давления на трение  $R_i$  на 1 пог. м трубопровода принимаем  $R_{ср} = 1,3$  кгс/м<sup>2</sup> (9,8...29,4 Па);

Результаты расчета сводим в табл. 50.

Общая потеря давления в циркуляционном кольце составит  $\sum(R_i L_i + Z_i) = 848,8$  Па.

Таблица 50. Результаты расчета системы отопления при насосной циркуляции

Номер участка	$q_i$ , Вт	$G_i$ , кг/ч	$d$ , мм	$L_i$ , м	$v$ , м/с	$R_i$ , Па	$R_i L_i$ , Па	$\alpha \zeta$	$Z_i$ , Па	$R_i L_i + Z_i$ , Па
1	15404,6	662	32	7,5	0,184	17,6	132	7,0	11,7	243,7
16	8612,5	370	25	2,2	0,182	25,5	56,1	1,5	15,8	71,9
17	5018,5	216	25	0,5	0,106	9,3	4,6	1,0	5,6	10,2
18	763,3	33	10	12,1	0,074	7,8	94,4	13,5	35,3	129,7
с прибором № 6										
19	763,0	33	10	5,6	0,074	7,8	43,7	4,5	11,1	54,8
21	2576,7	111	15	1,4	0,164	39,2	54,9	1,0	18,0	72,9
24	5018,5	216	20	0,5	0,171	27,4	13,7	1,5	28,4	42,1
31	8612,5	370	25	3,94	0,182	25,5	100,5	1,5	16,8	117,3
14	14641	649	32	1,42	0,184	17,6	24,9	1,5	17,1	42
15	15404,6	662	32	2,7	0,184	17,6	47,5	1,5	16,7	64,2

В насосных системах естественное давление остывания воды в приборах 1-го этажа не учитывают.

По табл. 51 находим добавочное давление от остывания воды в трубопроводе к приборам 1-го этажа  $H_0 = 0,4 \cdot 10 \cdot 9,8 = 39,2$  Па.

Таблица 51. Добавочные давления в кгс/м<sup>2</sup> от охлаждения воды в трубопроводах двухтрубных систем водяного отопления при верхней разводке и естественной циркуляции

Горизонтальное протяжение системы, м	Высота нагревательного прибора над котлом, м	Горизонтальное расстояние от подающей трубы до стояка, м					
		до 10	10-20	20-30	30-50	50-75	75-100
Открытые стояки без изоляции (здание 1-го или 2-го этажа)							
До 25	До 7	10	10	15	-	-	-
25-50		10	10	15	20	-	-
50-75		10	10	15	15	20	-
75-100		10	10	10	15	20	25

Примечание. Для систем с насосной циркуляцией добавочные значения принимать в размере 40% от соответствующих значений, указанных в табл. 51.

Следовательно, согласно [СНиП 2.04.05-86](#) для преодоления сопротивлений трубопроводов, неучтенных расчетом, следует предусматривать запас в размере до 10 %. Поэтому, необходимое давление, развиваемое насосом для кольца №2 составит  $H_n = 1,1(86,09 - 4) = 890,5$  Па.

Таким же образом последовательно рассчитываем следующее циркуляционное кольцо.

При расчетах трубопроводов для приборов 2-го этажа с естественной и насосной циркуляцией отмечается наличие примерно одинаковых диаметров обратных стояков от приборов верхних этажей. Это обусловлено тем, что и в насосных системах вода в стояках через приборы верхних этажей циркулирует главным образом в результате большого естественного давления от остывания воды в приборах.

## 5.7. Выбор циркуляционного насоса и электродвигателя

Общие теплотери здания составляют  $\dot{Q} = 15,4$  кВт.

Количество циркулирующей воды в системе (в соответствии с подразд. 4.9) равно  $G_n = G_c = 770,23$  кг/ч.

Производительность циркуляционного насоса рассчитывают по формуле (23а)

$$Q_n = \frac{0,86 \cdot 15404,6}{20 \cdot 971,57 \cdot 1,163} = 0,58 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Выбирают насос ЦВЦ 0,5-0,4 (рис. 19) и находят его характеристику  $Q - H_n$  (рис. 20).

Расходу насоса  $Q_n = 0,58$  м<sup>3</sup>/ч соответствует давление  $H_n = 3,7$  кПа (рис. 20, точка А) при  $n = 2600$  об/мин. Это идеальный случай, когда насос действует с максимальным КПД.

По формуле (24) определяют мощность электродвигателя насоса

$$N_n = \frac{0,58 \cdot 37 \cdot 9,8}{3600 \cdot 0,95} = 0,062 \text{ кВт} (62 \text{ Вт}).$$

Таким образом, насос ЦВЦ 0,5-0,4 по мощности перегружен. При  $\eta = 0,53$  мощность электродвигателя насоса равна  $N_n = 117$  Вт, поэтому принимаем следующий типоразмер насоса ЦВЦ 2,5-2 (табл. 36).

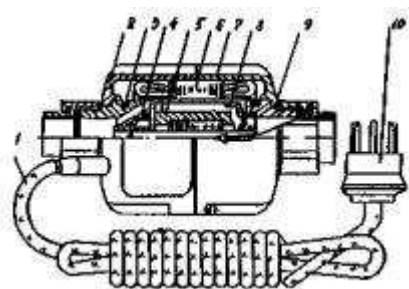


Рис. 19. Внешний вид насоса ЦВЦ 0,5-0,4:

1 - шнур; 2, 7 - крышки; 3, 9 - подшипниковые щиты, 4 - отвод, 5 - ротор, 6 - статор, 8 - гильза, 10 - вилка

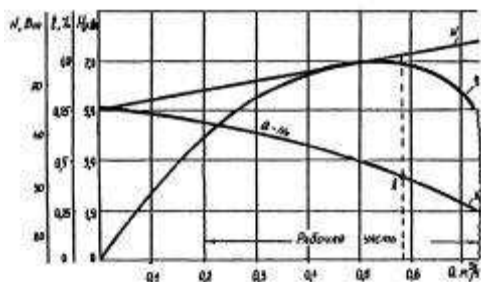


Рис. 20. Характеристика электронасоса ЦВЦ 0,5-0,4

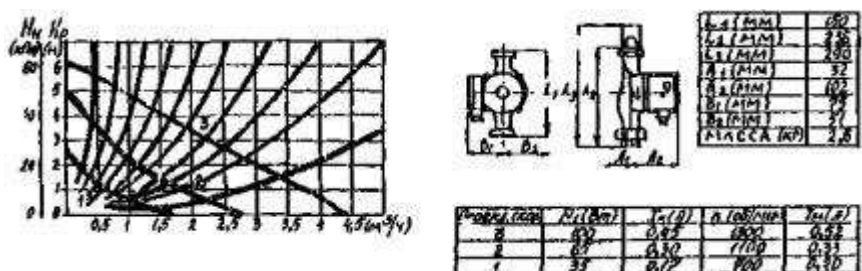


Рис. 21. Характеристика насоса URS-25-60-180

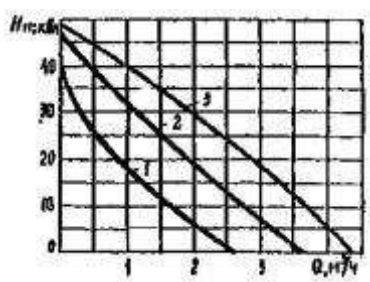


Рис. 22. Характеристика насоса GHN 20B-R

Однако наиболее эффективные циркуляционные насосы типа URS (рис. 21 Н) группы GRUNDFOS и GHN 20B-R(рис 22), которые имеют 3 режима работы, каждому режиму соответствует степень количества оборотов (об/мин), номинальный ток (А) и мощность (Вт):

1 - 1900; 0,19-0,13; 44-30;

2 - 2400; 0,27-0,18; 62-42;

3 - 2750; 0,36-0,28; 80-64.

Для данного примера можно выбрать 3-скоростной насос URS 25-60 180, имеющий три режима работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по теплоснабжению и вентиляции /Под ред. Р. В. Щекина. Киев: Будивельник, 1968.
2. Журавлёв Б. А. Справочник мастера-сантехника, М.: Стройиздат, 1974.
3. Справочник проектировщика. Отопление, водопровод, канализация /Под ред. И. Г. Староверова. М.: Стройиздат, 1975.
4. Справочник по теплотехнике в сельском хозяйстве /В. И. Панин. М.: Россельхозиздат, 1979.
5. Справочное пособие. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха /Под ред. Л.Д. Богуславского, В.И. Ливчака. 11.: Стройиздат, 1990.
6. Чернов М. М. Справочное пособие. Изделия и материалы для индивидуального строительства. М.: Стройиздат, 1990.
7. Сканава А. И. Отопление. М.: Стройиздат, 1968.
8. Эффективные системы отопления зданий/ Под ред. В.Е. Минина Л.: Стройиздат, 1968.
9. Ливчак И.Ф. Квартирное отопление. М.: Стройиздат, 1982.