

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

*Институт горного дела и строительства*

*Кафедра санитарно-технических систем*

**Утверждаю:**  
Зав. кафедрой СТС

 P.A. Kovalev  
«30» августа 2021 г.

**Методические указания  
к практическим занятиям  
учебной дисциплины (модуля)**

**«Санитарно-техническое оборудование зданий»**

Направление подготовки: 08.03.01 – "Строительство"

Профиль подготовки: "Водоснабжение и водоотведение"

Квалификация выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная, заочная*

Тула 2021 г.

Методические указания учебной дисциплины (*модуля*) разработаны к.т.н., доцентом С.С. Соколовой, обсуждены на заседании кафедры санитарно-технических систем  
(протокол заседания кафедры № 1 от «30» августа 2021 г.)

Разработчик

---

*(личная подпись(и))*

## **Цели и задачи практических занятий**

Опыт преподавания дисциплины "Санитарно-техническое оборудование зданий" показывает, что сознательное овладение курсом возможно только на основе систематического решения задач и практических упражнений - процесса, который развивает самостоятельное техническое мышление. Поэтому основная цель практических занятий и методических указаний к ним заключается в развитии у студентов практических навыков применения теоретических сведений к решению конкретных задач проектирования и расчета элементов системы теплоснабжения. Методические указания с достаточной полнотой охватывают все основные разделы дисциплины.

При разработке методических указаний ставилась цель добиться широкого тематического разнообразия, индивидуализации и нестандартности задач. Наряду с аналитическими методами используются графические методы решения, позволяющие наглядно анализировать влияние различных факторов на конечные результаты.

Для повышения эффективности практических занятий основное внимание уделяется самостоятельной работе студентов, для чего каждая задача или конкретная ситуация для проектирования снабжена индивидуальными исходными данными. Номер варианта исходных данных соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале преподавателя.

Методические указания к каждому практическому занятию содержит теоретические сведения необходимые для решения соответствующих задач. На изучение этих теоретических сведений отводится 15...20 минут, при этом преподаватель дополнительно поясняет наиболее сложные вопросы. Далее студенты приступают к самостояльному решению задач с индивидуальными исходными данными. В процессе решения задач преподаватель даёт методические указания к решению наиболее сложных задач.

Если студент пропустил практическое занятие, то соответствующие задачи должны быть решены им вне расписания занятий.

## **План практических занятий**

### **Отчёт о проделанной работе**

Отчёт о проделанной работе оформляется индивидуально каждым студентом в тетради в следующей последовательности:

**Наименование работы.**

**Цель выполняемой работы.**

**Исходные данные к работе расчётного характера.**

**Расчётная часть** или принципиальные схемы систем или оборудования (изображаются от руки ручкой или карандашом) с определением некоторых их характеристик.

**Вывод** по результатам работы.

Каждая выполненная и оформленная работа завершается её устной защитой, на которой студент должен проявить знания по соответствующему теоретическому и практическому разделу изучаемой дисциплины и получить зачёт по данной работе.

## **Содержание практических занятий**

## **Очная форма обучения**

<b>№ п/п</b>	<b>Темы практических занятий</b>
<i>6 семестр</i>	
1	Цели и объем курсовой работы
2	Проектирование системы водоотведения
3	Гидравлический расчет систем водоотведения
4	Проектирование дворовой канализации
5	Проектирование системы водоснабжения
6	Гидравлический расчет систем водоснабжения
7	Подбор водомеров
8	Составление спецификаций систем водоснабжения и водоотведения
<i>7 семестр</i>	
1	Цели и объем курсовой работы
2	Проектирование системы горячего водоснабжения
3	Гидравлический расчет систем горячего водоснабжения
4	Устройство внутренних водостоков
5	Принципы проектирования и расчета систем отопления
6	Принципы проектирования и расчета систем вентиляции
7	Принципы проектирования и расчета систем кондиционирования

## **Заочная форма обучения**

<b>№ п/п</b>	<b>Темы практических занятий</b>
<i>6 семестр</i>	
1	Цели и объем курсовой работы
2	Проектирование системы водоотведения
3	Проектирование системы водоснабжения
<i>7 семестр</i>	
1	Цели и объем курсовой работы
2	Принципы проектирования и расчета систем отопления
3	Принципы проектирования и расчета систем вентиляции
3	Принципы проектирования и расчета систем кондиционирования

### **1. Внутренний водопровод**

Проектируется для подачи воды непосредственно потребителю на хозяйственнопитьевые, противопожарные и производственные нужды. Должны быть обеспечены необходимые напоры, расходы воды и режимы водопотребления.

Дальнейшие этапы разработки этого раздела рекомендуются в следующей последовательности:

- выбор системы и схемы водоснабжения объекта проектирования;

- б) выбор месторасположения ввода, водомерного узла, насосных и других установок;
- в) нанесение на планы здания мест расположения стояков и магистральных трубопроводов;
- г) вычерчивание схемы водопроводной сети;
- д) производство гидравлического расчета сети на случаи: максимального хозяйственно-питьевого и производственного потребления воды, тушения пожара в период максимального хозяйственно-питьевого и производственного потребления воды;
- е) составление спецификации.

## **А. Выбор системы и схемы водоснабжения объекта проектирования**

Руководством для выбора являются данные, изложенные в задании (планировка здания, расположение здания на генплане участка, назначение здания), а также указание соответствующих разделов СниП.

Особое внимание следует уделить соблюдению противопожарных требований СниП.

Внутренние сети хозяйственно-питьевых водопроводов, сети объединенных противопожарных и хозяйственно-питьевых водопроводов и сети производственных водопроводов, подающих воду питьевого качества, должны проектироваться из стальных оцинкованных труб при диаметрах до 80 мм и из неоцинкованных труб при больших диаметрах.

При определении схемы сетей водоснабжения необходимо учитывать, что наиболее экономичные и простые схемы получаются в тех случаях, когда водоразборные краны и приборы сгруппированы и расположены в этажах здания друг над другом.

Сети внутреннего водопровода могут быть тупиковыми и кольцевыми, с одним или несколькими вводами, с нижней и верхней разводкой магистралей.

Нижняя разводка применяется главным образом в жилых и общественных зданиях, верхняя – в цехах промышленных предприятий, банях, прачечных.

Для многоэтажных жилых зданий высотой 17 и более этажей применяют зонные водопроводы с расчетом допущения гидростатического напора у нижних водозаборных точек у санитарных приборов не более  $6 \text{ кгс}/\text{см}^2$ .

В отдельной сети противопожарного водопровода не более  $9 \text{ кгс}/\text{см}^2$  у низкорасположенных пожарных кранов.

При зонных системах находит применение верхняя разводка магистрали.

Трубы следует прокладывать прямолинейно и параллельно стенам здания, чтобы протяженность трубопроводов была наименьшей, чтобы они не загромождали оконных и дверных проемов, не портили вида помещений и были доступны для осмотра и ремонта. В зависимости от назначения и степени благоустройства здания применяют два способа прокладки труб: открытый и скрытый.

На внутренних водопроводных сетях, как правило, устанавливают наружные поливочные краны – по одному на каждые 60-70 м периметра здания.

Выбор системы внутреннего водопровода производится после сравнения величины заданного гарантированного напора в городской сети водопровода у ввода в здание ( $H_{\text{гар}}$ ) с величиной требуемого напора ( $H_{\text{треб}}$ ), определяемого в результате гидравлического расчета.

Наиболее простая и распространенная система, без установок для повышения напора и водонапорных баков, применяется при круглосуточном водоснабжении из городской сети при  $H_{\text{гар}} \geq H_{\text{треб}}$ .

В случае, когда потребная величина гарантированного напора не обеспечивается лишь в отдельные части суток и незначительных расходах воды, возможно применение схемы водоснабжения с установкой водонапорного бака, выполняющего функции запасной и регулирующей емкости и заполняемого периодически под давлением наружного водопровода без повышительных устройств.

При значительной разнице напоров, требуемого и гарантированного, применяется комбинированная система: монтируется установка для повышения напора и устанавливается водонапорный бак

#### **Б. Выбор места расположения ввода, водомерного узла,**

#### **напорных и других установок**

Места для устройства ввода, установки арматуры и оборудования, должны быть выбраны из условия обеспечения к ним свободного доступа, обеспечения температуры воздуха зимой не менее чем +2°С и выполнение требований СНиП 2.04.01-85.

Крыльчатые счетчики воды (калибры 15, 20, 25, 32, 40, 50 мм) устанавливаются только горизонтально; турбинные (калибры 50, 80, 100, 150, 200, 250 мм) – как горизонтально, так и в наклонном или вертикальном положении, в последнем случае при условии движения воды снизу вверх.

Проектирование обводной линии у счетчика воды обязательно при наличии одного ввода в здание, а также в случаях, когда счетчик не рассчитан на пропуск полного расчетного расхода воды на внутреннее пожаротушение. Обводная линия должна быть рассчитана на пропуск максимального (с учетом противопожарного) расхода воды. На обводной линии должна предусматриваться установка задвижки, запломбированной в обычное время в закрытом положении.

Длина ввода должна быть по возможности наименьшей. Ввод нужно проектировать под прямым углом к зданию, желательно в средней части здания; допускается присоединение по диагонали под углом не менее 45°.

В случае, когда труба уличного водопровода проходит параллельно торцевой стене здания, возможно устройство ввода через торцевую стену.

Пересечение ввода со стенами подвала и фундаментом должно проектироваться с учетом указанного в задании уровня грунтовых вод, с учетом сальников в мокрых грунтах и без сальников в сухих грунтах.

## **В. Нанесение на планы здания мест расположения**

### **стоеек и магистральных трубопроводов**

В помещениях с повышенными требованиями к их отделке рекомендуется скрытая прокладка труб в бороздах с последующей заделкой борозд штукатуркой по сетке.

Стойки и разводки внутреннего водопровода можно прокладывать также и открыто по стенам и перегородкам помещений.

Водопроводные стойки должны располагаться с учетом возможности обеспечения водой максимального числа водоразборных точек при условии минимальных длин

подводок к этим водоразборным точкам. Стояки не следует располагать на стенах, смежных с жилыми помещениями.

Наиболее целесообразным считается размещение стояка хозяйственно-питьевого водопровода вместе со стояками канализации и горячего водоснабжения в общем канале в стенах.

Каждый водопроводный стояк в зданиях высотой три этажа и более должен в основании иметь запорную арматуру и тройник с пробкой для возможности отключения стояка и спуска из него воды при ремонте.

Стояки противопожарного водопровода размещаются вблизи пожарных кранов. Количество пожарных кранов, назначенное с учетом радиуса действия компактной части струи и длины пожарного рукава, определяет число стояков, размещаемых в лестничных клетках, коридорах и вестибюлях.

Магистральная линия труб в пределах подвала, технического подполья или первого этажа соединяет ввод водопровода со всеми водопроводными стояками.

Магистральные трубопроводы обычно прокладываются открыто по кратчайшим направлениям с креплением на подвесках, кронштейнах и крючьях. При проектировании магистральных трубопроводов следует предусматривать их прокладку с уклоном не менее 0,002 в сторону ввода или сливных кранов для опорожнения.

В случае прокладки магистралей водопровода в помещениях с температурой воздуха зимой ниже 2°C следует предусмотреть устройство теплоизоляции труб.

При отсутствии в здании подвальных этажей или технических подпольев трубопроводы следует прокладывать на первом в подпольных каналах с трубопроводами отопления и горячего водоснабжения или под полом с устройством съемного фриза, а также по стенам, в местах, допускающих открытую прокладку трубопроводов.

Трубы водопровода, уложенные в каналах совместно с трубами отопления или горячего водоснабжения, должны прокладываться ниже этих труб. На планах, кроме элементов систем (санитарные приборы, трубопроводы и арматура), показывают строительные конструкции и технологическое оборудование, к которому подводят воду или от которого отводят сточную воду.

Элементы систем водоснабжения и канализации показываются условными графическими обозначениями.

На планы наносят:

- \*разбивочные оси здания и расстояния между ними;
- \*привязки к разбивочным осям здания вводов водопровода, выпусков канализации и сетей водостоков;
- \*обозначения стоков;
- \*диаметры трубопроводов, вводов водопровода и выпусков канализации.

#### **Г. Вычерчивание схемы водопроводной сети**

Схема водопровода составляется в масштабе 1:100 по всем трем осям с нанесением оборудования и установок, указанием местоположения запорной арматуры, водоразборных кранов, водомерного узла, поливочных кранов и пр. Схема и планы должны быть одинаково ориентированы.

На схеме сети намечают расчетные участки-отрезки сети, заключенные между двумя ответвлениями сети; по длине участка величины диаметра и расхода не изменяются.

Выделение расчетных участков начинается по выбранному расчетному направлению движения воды от ввода до расчетной водоразборной точки, расположенной наиболее высоко и в наибольшем отдалении от ввода; при выявлении расчетного водоразборного устройства нужно учитывать требуемые рабочие напоры.

Рабочий напор у водоразборных кранов, питьевых фонтанчиков без регулятора давления, смесителей санитарных приборов и поплавковых клапанов смывных бачков, должен быть не менее 2 м; у питьевых фонтанчиков с регуляторами давления – не менее 5 м; у смывных кранов унитазов – не менее

6-8 м; у газовых водонагревателей и смесителей регулируемых душевых сеток - не менее 4 м.

Каждый расчетный участок водопроводной сети обозначают цифрами 1-2, 2-3, 3-4 и т.д.

На схемах систем водопровода показывают:

- \*вводы, с указанием диаметров и отметок уровней осей трубопроводов в местах пересечения их с осями наружных стен здания;
- \*магистральные трубопроводы, стояки и ответвления к водопотребителям, с указанием диаметров и отметок уровней осей магистральных трубопроводов;
- \*арматуру, пожарные и поливочные краны, водопроводное оборудование, контрольно-измерительные приборы, переходы и др. элементы системы.

Элементы систем водопровода на схемах показывают условными графическими обозначениями (см.приложение).

Места разрывов трубопроводов на схемах обозначают строчными буквами.

#### **Д. Гидравлический расчет водопроводной сети**

В задачу расчета входит:

1. Определение общего для объекта расхода воды.
2. Гидравлический расчет отдельных участков сети.
3. Расчет и подбор установок, входящих в систему водоснабжения объекта.

Перед началом расчета необходимо:

1. Определить потребителей воды (на все виды нужд).
2. Составить принципиальную схему водопотребления.
3. Знать нормы водопотребления.
4. Знать требования потребителей к качеству воды.
5. Знать режимы водопотребления.
6. Знать рабочие напоры у всех водоразборных устройств.

Особое внимание следует обратить на уточнение величин рабочих напоров для технологического оборудования, ибо установленное на нижнем этаже оборудование может оказаться диктующим водопотребителем (расчетной водопроводной точкой).

Целью гидравлического расчета является определение расчетных расходов, диаметров труб, общих потерь напора, подбор водомера и нахождение величин напора, который должна создавать повышительная установка (если она требуется).

Хозяйственно-питьевой водопровод рассчитывается на подачу максимального расчетного секундного расхода воды, а при хозяйственно-противопожарных системах

водоснабжения производится дополнительный расчет на одновременный пропуск максимального хозяйствственно-питьевого, производственного и пожарного расходов воды.

Расчет тупиковой разветвленной сети с односторонним питанием ведется в следующей последовательности:

1. На схеме водопроводной сети намечается главное расчетное направление и расчетная точка. За расчетную точку принимается самая неблагоприятная точка водозабора (наиболее удаленная от ввода и высоко расположенная с наибольшим необходимым рабочим напором).
2. Производится разбивка трубопроводов на расчетные участки.
3. Составляется расчетная таблица, где указываются номера участков, количество водоразборных точек, длины участков, число потребителей, число приборов, расчетные расходы.
4. По таблицам гидравлического расчета водопроводных труб подбираются, с учетом рекомендуемых значений величин экономичных скоростей, диаметры и определяются удельные потери напора на 1 м на трение.
5. Подсчитываются потери напора на каждом расчетном участке.
6. Суммируются потери напора по длине по всему расчетному направлению, начиная от места присоединения ввода к городскому водопроводу до расчетной водоразборной точки.
7. Определяются суммарные потери напора по длине с учетом повышающего коэффициента на местные сопротивления.
8. Определяются потери напора в водомерном узле и насосной установке.
9. Определяется требуемый напор в здании.
10. Сопоставляются величины значений требуемого и гарантируемого напоров и делается вывод о целесообразности применения повысительной установки и водонапорного бака.
11. В случае, когда  $H_{\text{треб}} > H_{\text{гар}}$  определяют параметры повысительной установки, марку насоса и тип электродвигателя.
12. В случае, когда принимается решение о необходимости установки водонапорного бака, определяются емкость бака и его геометрические размеры, расчитывается трубопровод от бака до расчетной водоразборной точки

(положение расчетной точки при работе бака может не совпасть с тем положением, в котором она находилась при питании сети от ввода), определяется отметка дна бака.

При неясности положения расчетной точки и наличии сомнения в части правильности выбора главного расчетного направления следует провести, в изложенном выше порядке (с п.1 до п.7), проверочный расчет по ответвлению от главного расчетного направления.

Результаты расчетов сравниваются и за основу принимается тот, при котором суммарная величина потерь напора наибольшая (с учетом рабочего напора у расчетной точки).

При расчете объединенного водопровода, обеспечивающего хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды, производится дополнительный расчет, определяя расчетной точкой самую отдаленную и высокую точку тушения пожара.

Расчетный расход при этом равен суммарному расходу на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды в выбранном направлении. В производственных и вспомогательных зданиях расход воды на души, мытье полов и поливку территории не учитывается.

Расчет кольцевой сети производится в следующем порядке:

1. Кольцо условно разделяется на два полукольца.
2. Каждое полукольцо расчитывается по методике расчета тупиковой сети.
3. Подбор диаметров труб ведут до получения величины значений невязки в обоих полукольцах не более 5% потерь в одном из полуколец.

Если при этом окажется, что диаметры полуколец разные, то выбирают средний диаметр и принимают его одинаковым по всему кольцу.

Расчетный расход воды на пожаротушение принимается в зависимости от назначения, объема и этажности здания.

Расчетные расходы воды для хозяйственно-питьевых нужд в участках внутренних сетей жилых и общественных зданий нужно определять по формулам и таблицам, приведенным в СниП 2.04.01-85\*.

Расчетные расходы зависят от степени благоустройства данного здания и его назначения. Если жилое здание оборудовано системой централизованного горячего

водоснабжения, то все расходы хозяйствственно-питьевого водоснабжения следует брать по графе "холодная", если же в здании установлены водонагревательные колонки, то расход берется по графе "общая".

Расчетный расход воды следует определять с вероятности действия приборов Р.

Для систем, обслуживающих один вид потребителей, вероятность действия определяется по формуле :

а) при одинаковых приборах в здании

$$P = \frac{q_{hr,u} \cdot U}{3600 \cdot q_o \cdot N} \quad (1)$$

б) при отличающихся группах водопотребителей в здании

$$P_{\sum i} = \frac{\sum^i N_i P_i}{\sum^i N_i} \quad (2)$$

где  $q_o$  ( $q_o^{tot}$ ,  $q_o^h$ ,  $q_o^c$ ) – секундный расход воды, величину которого следует определять согласно приложению 2 и 3 СНиП 2.04.01-85\*;

$N$  – число приборов на расчетном участке;

$U$  – число потребителей на расчетном участке;

$q_{hr, U}$  ( $q_{hr,U}^{tot}$ ,  $q_{hr,U}^h$ ,  $q_{hr,U}^c$ ) – норма расхода воды в л/ч наибольшего водопотребления; общая, горячая или холодная ( прил.3 СНиП 2.04.01-85\*).

При отсутствии данных о числе санитарно-технических приборов в зданиях значение Р допускается принимать  $N=U$ .

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке  $q$  ( $q^{tot}$ ,  $q^h$ ,  $q^c$ ) л/с, следует определять по формуле:

$$q = 5q_o\alpha \quad (3)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, определяемый согласно рекомендуемому приложению 4 СНиП 2.04.01-85\*, в зависимости от  $N$  и  $P$  по таблице №1 или №2.

Гидравлический расчет сводится в таблицу 1

Таблица 1

Расчетный участок сети	Участка, U, чел.	Участка, N, шт.	P	NP	Величина коэффициента $\alpha$	$q=5q_0\alpha, \text{ л/с}$	Гидравлический расчет			Потери напора a, мм вод. ст.	
							Участка,	$bV, \text{ м/с}$	Участка,	ПОГ. М	OM
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1
									0	1	2

Примечание. Заполнение граф таблицы ведется следующим образом:

1. – по аксонометрической схеме;
2. – по аксонометрической схеме и планам задания;
3. – по аксонометрической схеме;
4. – по формулам (1) и данным СНиП 2.04.01-85\* приложение 3;
5. – путем перемножения величины Р на число приборов N для тех участков, на которых величина  $P \leq 0,1$ ;
6. – определяется по СНиП 2.04.01-85\* приложение 4 таблица №1 или №2;
7. – расчет ведется по формуле (3);
8. – определяется по аксонометрической схеме и плану;
9. – по "Таблицам гидравлического расхода водопроводной сети Шевелева", по величине расхода;
10. – так же как и 9, при экономичной скорости;
11. – так же как и 9, при экономичной скорости;
12. – величина потери напора на каждом участке находится перемножением граф 8 и 11.

Общие потери напора на расчетном направлении определяются путем суммирования.

Далее определяют потери на местные сопротивления путем умножения суммарных потерь на коэффициент  $K_l=0,3$ , для сетей хозяйственно-питьевых водопроводов жилых и общественных зданий.

Потери напора на участках трубопроводов систем холодного водоснабжения  $H$ , м следует определять по формуле (4):

$$H = i \cdot l(1 + K_l) \quad (4)$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов  $P_{hr}$  для системы в целом следует определять по формуле:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_o}{q_{o,hr}} \quad (5)$$

Максимальный часовой расход воды  $q_{hr}$  ( $q_{hr}^{tot}$ ,  $q_{hr}^h$ ,  $q_{hr}^c$ ),  $m^3/ч$  определяется по формуле:

$$q = 0,005 \cdot q_{o,hr} \cdot \alpha_{hr} \quad (6)$$

где  $q_{o,hr}$  – расход воды прибором л/ч определяется по СНиП 2.04.01-85\* приложение 3;  $\alpha_{hr}$  – коэффициент, определяемый по приложению 4 в зависимости от числа приборов  $N$  в здании и вероятности их использования  $P_{hr}$ , по таблице 1 или 2.

Суточный расход воды следует определять суммированием расхода воды всеми потребителями с учетом расхода воды на поливку:

$$Q_{сут} = q_U \cdot U + n_{пол.кп.} \cdot t_{час} \cdot q_{o,hr}^c \quad (7)$$

где  $q_U$  ( $q_U^{tot}$ ,  $q_U^h$ ,  $q_U^c$ ) – норма расхода воды, л, в сутки максимального водопотребления СНиП 2.04.01-85\* приложение 3;

$n_{пол.кп.}$  – число установленных в здании поливочных кранов;

$t_{час}$  – время работы поливочных кранов, час.;

$q_{o,hr}^c$  - часовой расход воды (общей или холодной) поливочного крана СНиП 2.04.01-85\* приложение п.21.

Подбор диаметра труб хозяйственно-питьевого водопровода производится по таблице гидравлического расчета водопроводных труб, исходя из того, что скорости движения

воды в стальных трубах внутренних водопроводных сетей диаметром до 400 мм не должны превышать в магистралях и стояках 1,5 м/с, а в подводках к водоразборным точкам – 2,5 м/с, в винилластовых и полиэтиленовых трубах – 2 м/с и 3 м/с соответственно.

При произведенном водоразборе в магистралях и стояках не более 1,2 м/с.

Диаметры труб внутренних водопроводных сетей должны приниматься из расчета максимального использования гарантированного напора, имеющегося в наружной сети.

### **Подбор водомера**

Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за период потребления (сутки, смену), который не должен превышать эксплуатационный, принимаемый по таблице 4 СНиП 2.04.01-85\* и проверять на пропуск максимально-хозяйственного и противопожарного расхода.

Потери давления в счетчиках  $h$  (м) при расчетном секундном расходе воды  $q$  ( $q^{tot}$ ,  $q^c$ ,  $q^h$ ), л/с определяют по формуле:

$$h=s \cdot q^2 \quad (8)$$

где  $s$  - гидравлическое сопротивление счетчика, принимаемое согласно СНиП 2.04.01-85\*.

Величина потерь напора при пропуске максимального секундного расхода воды:

\* на хозяйственно-питьевые нужды не должны превышать в крыльчатых счетчиках – 2,5; в турбинных – 1 м;

\* на пропуск противопожарного расхода не должна превышать 10 м.

### **Определение величины требуемого напора**

Требуемый напор определяется по формуле:

$$H_{треб} = Z_1 - Z_2 + h_{вод} + \sum H_l^{tot} + H_f, \text{ м} \quad (9)$$

где  $Z_1$  – геодезическая отметка расчетной водоразборной точки, м;

$Z_2$  – геодезическая отметка верха люка на уличном водопроводном колодце, м;

$h_{вод}$  – потери напора в водомере, м;

$\sum H_l^{\text{tot}}$  - общие потери напора по расчетному направлению с учетом местных, м;

$H_f$  – свободный напор у расчетного прибора, м СНиП 2.04.01-85\* приложение 2.

Далее необходимо сравнить величину требуемого напора с гарантированным (из задания). Если  $H_{\text{треб}} \leq H_{\text{тап}}$ , то повысительной установки не требуется. Если  $H_{\text{треб}} > H_{\text{тап}}$ , то на недостающую величину напора следует подобрать повысительную установку.

Напор насоса:

$$H_n = H_{\text{треб}} - H_{\text{тап}} + h_n \quad (10)$$

где  $h_n$  – потери напора в насосе; можно принять 1,5-2 м.

### **Внутренняя канализация зданий**

В зависимости от назначения здания необходимо проектировать следующие системы внутренней канализации: бытовую, производственную, объединенную, внутренние водостоки.

Для жилого здания следует проектировать бытовую канализацию. Участки сети следует прокладывать прямолинейно, а соединять приборы следует с помощью соединительной фасонины.

Изменять уклон на участках отводного (горизонтального) трубопровода не допускается.

Прокладку сети следует предусматривать открыто. Стойки можно прокладывать скрыто в штробе или в коробе. Отводящая сеть в жилых зданиях прокладывается по полу с уклоном 0,01 в сторону стояка.

Канализационный стояк должен выходить выше

- \* эксплуатированной кровли на 3 м,
- \* неэксплуатированной кровли – на 0,3 м,
- \* скатной кровли – на 0,5 м.

На сетях бытовой канализации следует устанавливать ревизии и прочистки СНиП 2.04.01-85\* п.17.23. т.6.

Длина выпуска для диаметра 50 мм не должна быть более 8 м, для диаметра 100 мм – 12 м.

## **Расчет канализационных сетей**

Расчет канализационных трубопроводов следует производить, назначая скорость движения жидкости  $V$ , м/с, и наполнение  $H/d$  таким образом, чтобы было выполнено условие:

$$V \cdot \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K, \quad (11)$$

где  $K=0,5$  – для пластмассовых и стеклянных труб;

$K=0,6$  – для трубопроводов из других материалов.

Скорость должна быть не менее 0,7 м/с, а наполнение – не менее 0,3.

Если условие не выполняется, то участки следует считать безрасчетными и их следует прокладывать при диаметре 40-50 мм с уклоном 0,03, а при диаметре 85 и 100 мм – с уклоном 0,02.

Диаметр канализационного стояка надлежит принимать согласно СНиП 2.04.01-85<sup>\*</sup> т. 8.

Расход стояков следует определять:

$$q_s = q_{\text{вод}}^{\text{tot}} + q_o^s \quad \text{при } q_{\text{вод}}^{\text{tot}} \leq 8 \text{ л/с} \quad (12)$$

$$q_s = q_{\text{вод}}^{\text{tot}} \quad \text{при } q_{\text{вод}}^{\text{tot}} > 8 \text{ л/с},$$

где  $q_{\text{вод}}^{\text{tot}}$  - общий расход водопроводной воды, л/с;

$q_o^s$  - максимальный расход стоков от прибора

(СНиП 2.04.01-85<sup>\*</sup> прил. 2).

Обычно для жилых зданий  $q_o^s = 1,6$  л/с от унитаза.

### **Определение расхода сточных вод стояков**

Диаметр канализационного стояка должен быть одинаковым по всей высоте.

Следовательно расход стоков определяем у основания стояка.

Для этого находим количество приборов и количество потребителей у основания стояка. Находим вероятность одновременного действия приборов по формуле (1), затем по описанной выше методике определяем

коэффициент  $\alpha$  (СНиП 2.04.01-85<sup>\*</sup> прил. 4 таб.1 или 2) и определяем расход стоков по формуле (12). Полученную величину расхода сравниваем с максимальной пропускной способностью стояка, определенную по таб. 8 СНиП 2.04.01-85<sup>\*</sup> и проверяем принятую величину диаметра стояка.

### **Расчет выпусков**

Расчет выпусков ведется по той же методике, что и расчет стояков, только учитывается своя суммарная величина  $U$  и  $N$  на выпуске. Затем по таблицам Федорова или Лукиных для гидравлического расхода канализационных труб определяют  $d$ ,  $V$ ,  $i$  и  $\frac{H}{d}$ , проверяют условие по формуле (11).

### **Дворовая сеть**

Расчетные расходы сточных вод в дворовой сети определяются суммированием расходов от соответствующих выпусков канализации.

Гидравлический расчет дворовой сети выполняют аналогично расчету выпусков. При этом наименьший диаметр труб принимают 150 мм, наименьший уклон на нерасчетных участках 0,008.

Таблица 2

## Гидравлический расчет дворовой

## канализационной сети

№ уч-ка	Длина уч-ка,	Расчет. расход ст. вод, л/с	Диаметр трубы, d, мм	Скор. теч. ст. ж-ти,	Уклон, i	Наполнение , H/d	Падение h=il, м	Отметки		Глу б. Кол одце в, м	
								Лот ка труб ы	Пов- ти земл и		
								Уч-ка конце	Уч-ка конце	В нач. уч-ка	В конце уч-ка

После нахождения гидравлических параметров канализационной сети ( $d$ ,  $V$ ,  $H/d$ ,  $i$ ) вычисляют разность отметок лотков на участке (падение) путем умножения длины участка на уклон. Затем определяют глубину заложения колодца верхнего выпуска. Наименьшая глубина лотка принимается на 0,3 м выше глубины промерзания грунта, а отметка лотка определяется как разность отметок поверхности земли и глубины лотка колодца. Отметка лотка трубы следующего колодца будет ниже на величину падения на этом участке. Глубина колодца находится как разность отметок поверхности земли и лотка трубы в этой точке. Трубы выравниваем по шелыгам, т.е. по верхней отметке трубы. По результатам вычерчивают профиль дворовой канализационной сети.

## 1.1 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Системы горячего водоснабжения (ГВС) подразделяют на централизованные и местные. В централизованных системах одна система горячего водоснабжения обслуживает одно или несколько зданий квартала (микрорайона). Радиус местной системы зачастую ограничивается одной квартирой.

Системы горячего водоснабжения предназначены для подачи потребителям горячей воды, температура которой должна быть не менее 50 °C. При пользовании горячей водой потребитель имеет возможность снижать температуру воды до необходимой величины, смешивая горячую воду с холодной в смесителях, устанавливаемых в местах водоразбора. В систему горячего водоснабжения в общем случае входят следующие основные элементы:

- устройство для нагрева воды (котел или теплообменник);
- подающая трубопроводная сеть, состоящая из разводящего трубопровода и водоразборных стояков;
- циркуляционная сеть, состоящая из циркуляционных стояков и сборного циркуляционного трубопровода;
- водоразборная, регулирующая и запорная арматура;
- циркуляционный или циркуляционно-повышительный насос.

Системы горячего водоснабжения могут быть открытыми и закрытыми. В открытых системах на водоразбор используется сетевая вода из тепловых сетей. В закрытых системах на нужды горячего водоснабжения используется водопроводная вода, подогретая до температуры 60–65 °C в теплообменниках, устанавливаемых в индивидуальных или центральных тепловых пунктах (далее соответственно ИТП или ЦТП).

В предлагаемом учебном пособии основное внимание удалено проектированию закрытых квартальных систем горячего водоснабжения. В нем приведены также примеры расчетов открытой системы горячего водоснабжения здания.

При выборе системы горячего водоснабжения следует руководствоваться рекомендациями литературы [1, 2, 4, 6].

Системы горячего водоснабжения могут быть бесциркуляционные и циркуляционные, с верхней и нижней разводкой разводящих магистралей, с баками-аккумуляторами и без них.

Наиболее простыми и дешевыми по стоимости являются тупиковые бесциркуляционные системы (рис. 1.1, а). Основным недостатком таких систем является остывание воды в трубопроводах при отсутствии водоразбора и ее бесполезный слив до появления в водоразборных кранах горячей воды. Поэтому бесциркуляционные системы применяют только в местных системах, работающих при длительном непрерывном разборе воды (в банях, прачечных, технологических установках).

Все централизованные системы в настоящее время проектируют с циркуляционными трубопроводами (рис. 1.1, б), наличие которых позволяет потребителям получать горячую воду в любой период времени суток. Системы горячего водоснабжения жилых зданий следует принимать с циркуляцией воды в разводящих трубопроводах и стояках.

Системы горячего водоснабжения могут быть с верхней и нижней разводкой разводящих трубопроводов. В системах с верхней разводкой (рис. 1.1, 1.3, а, 1.4) разводящие трубопроводы прокладываются на чердаках, технических этажах или под потолком верхнего этажа.

Прокладку разводящих трубопроводов систем с нижней разводкой (рис. 1.2, 1.3, б, 1.5) следует предусматривать в подпольях, подвалах, подпольных каналах. При наличии в здании технического подполья следует отдавать предпочтение системам с нижней разводкой.

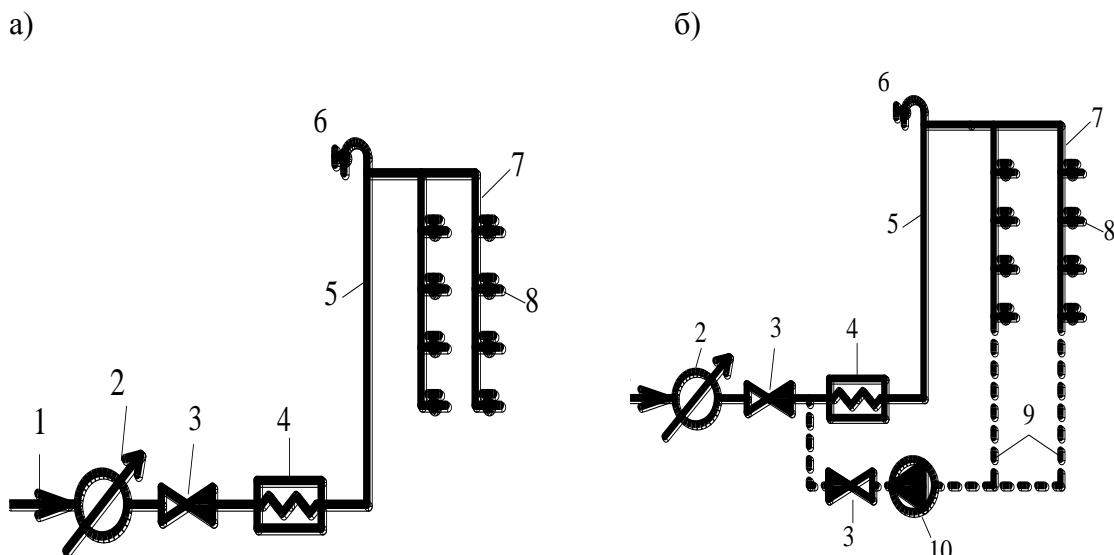
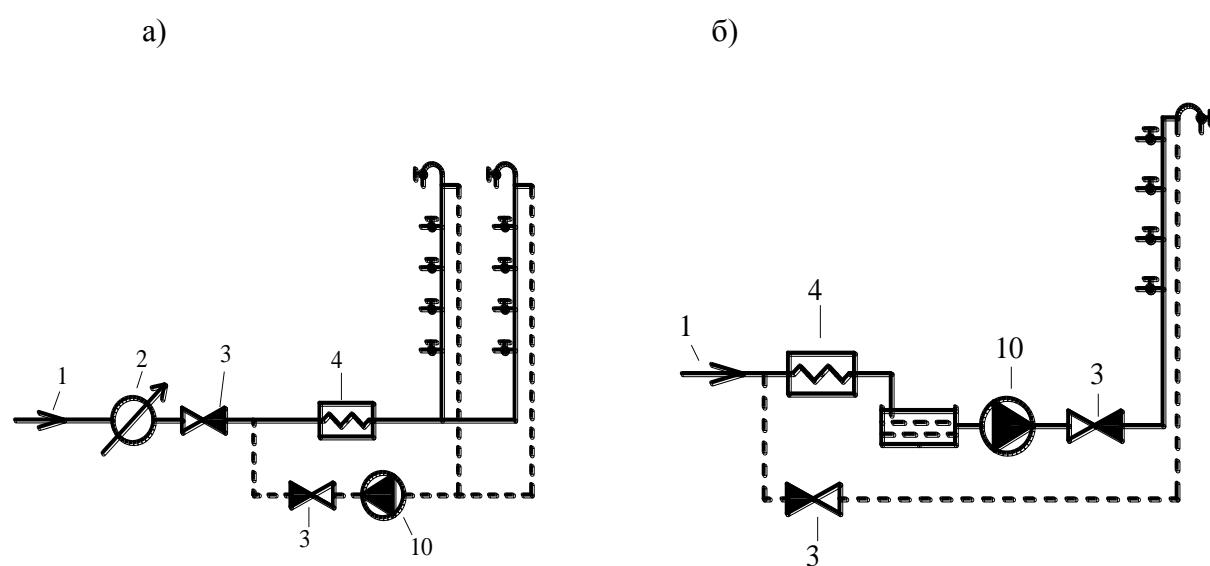


Рис. 1.1. Принципиальные схемы тупиковой (а) и циркуляционной (б) закрытых систем горячего водоснабжения с верхней разводкой:

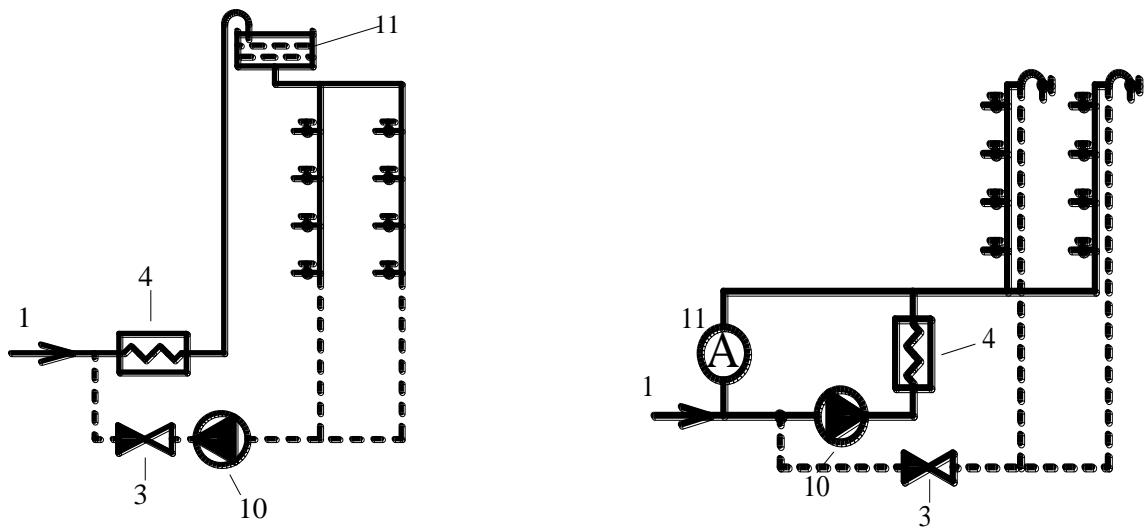
1 – ввод водопровода; 2 – водомет; 3 – обратный клапан; 4 – водонагреватель; 5 – распределительный трубопровод системы; 6 – воздухоотводчик; 7 – водоразборный стояк; 8 – водоразборный прибор; 9 – циркуляционные стояки; 10 – циркуляционный насос

В системах горячего водоснабжения могут применяться баки-аккумуляторы (рис. 1.2, б, 1.3). Баки-аккумуляторы служат для выравнивания неравномерности потребления теплоты системой горячего водоснабжения при ограниченной мощности источника теплоты, оптимизации давления в трубопроводах сетей горячего и холодного водоснабжения и повышения устойчивости их работы. Наличие бака-аккумулятора в закрытой системе горячего водоснабжения позволяет уменьшить поверхность нагрева водонагревателей. Могут применяться схемы с нижним (рис. 1.2, б) и верхним (рис. 1.3, а) расположением безнапорного бака-аккумулятора, а также с напорным баком-аккумулятором (рис. 1.3, б).



*Рис. 1.2. Принципиальные схемы закрытых систем горячего водоснабжения с нижней разводкой:  
а – без бака-аккумулятора; б – с баком-аккумулятором*

а) б)



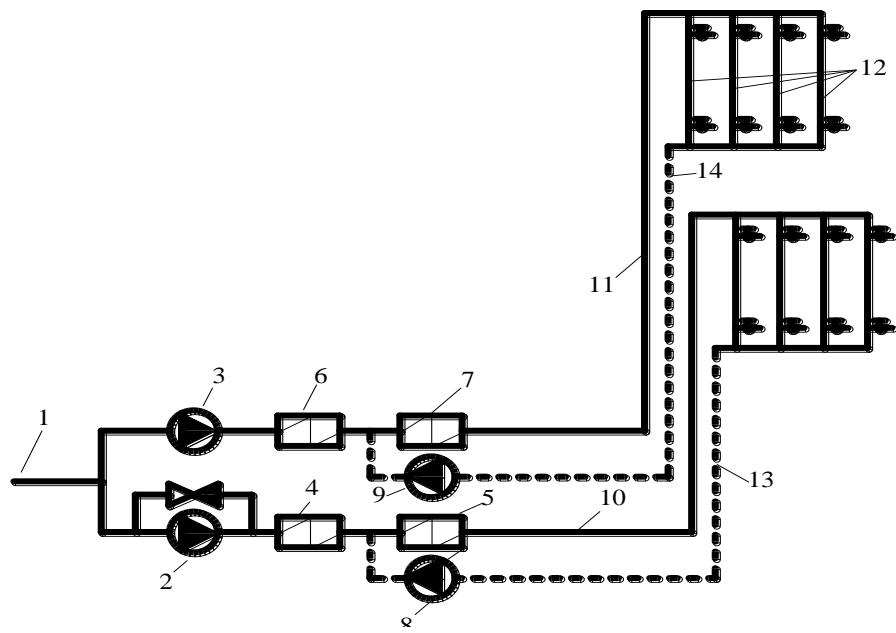
*Рис. 1.3. Принципиальные схемы закрытых систем горячего водоснабжения:*

*а – с верхней разводкой и безнапорным баком-аккумулятором;*  
*б – с нижней разводкой и напорным баком-аккумулятором*

*б –*

В зданиях высотой более 50 м (16 этажей) системы горячего водоснабжения делят на отдельные зоны по вертикали. Это обусловлено тем, что при большей этажности здания статическое давление воды на нижних этажах превышает допустимые пределы (максимальным рабочим давлением для водоразборной арматуры считается давление 600 кПа).

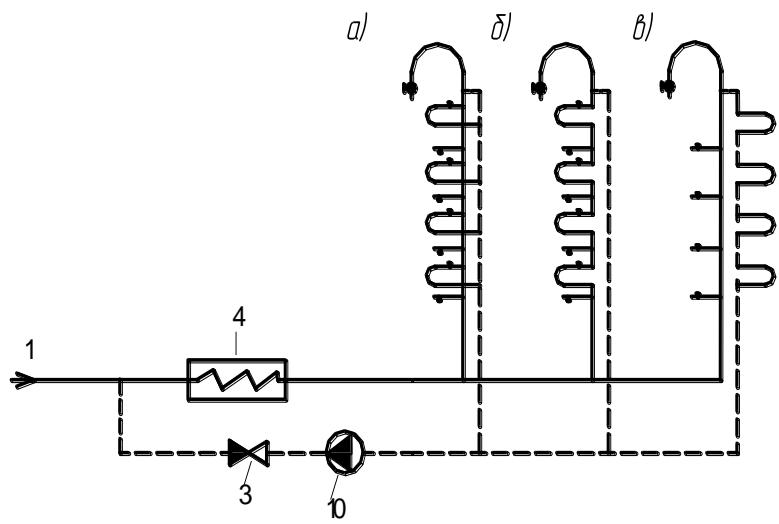
Каждая зона двухзонной системы горячего водоснабжения (рис. 1.4), как правило, представляет собой самостоятельную систему со своими водонагревательными установками и насосами.



*Рис. 1.4. Двухзонная система горячего водоснабжения:*

1 – ввод; 2 – повысительный насос нижней зоны; 3 – то же, верхней зоны; 4, 5 – соответственно I и II ступени водонагревателя нижней зоны; 6, 7 – то же, верхней зоны; 8, 9 – циркуляционные насосы соответственно нижней и верхней зон; 10, 11 – подающий трубопровод соответственно нижней и верхней зон; 12 – водоразборные стояки; 13, 14 – циркуляционные трубопроводы соответственно нижней и верхней зон

Прокладку стояков систем ГВС следует осуществлять скрыто в шахтах, бороздах, нишах санузлов. Допускается открытая прокладка стояков в кухнях, душевых, на лестничных клетках. В ванных комнатах следует предусматривать установку постоянно обогреваемых полотенцесушителей, присоединяемых к водоразборным стоякам. Схемы различных вариантов присоединения полотенцесушителей к стоякам приведены на рис. 1.5, 1.6, 1.7.

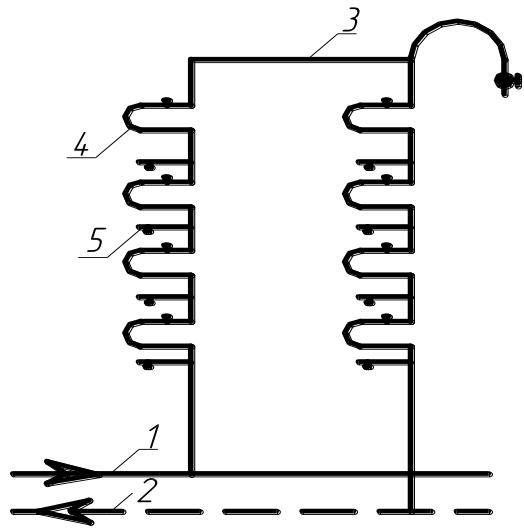


*Рис. 1.5. Схемы водоразборных узлов с различным присоединением полотенцесушителей к стоякам*

*а – параллельное присоединение полотенцесушителей; б – последовательное с установкой на подающем стояке; в – последовательное с установкой на циркуляционном стояке; 1, 3, 4, 10 – см. рис. 1.1*

Если в здании проектируется система горячего водоснабжения с индивидуальными циркуляционными стояками у каждого водоразборного, то эти циркуляционные стояки необходимо обвязать в подвале индивидуальным трубопроводом и затем участком повышенного сопротивления присоединить этот трубопровод к циркуляционной магистрали квартальной сети. В настоящее время наибольшее применение получили системы ГВС с парно-закольцованными стояками (рис. 1.6) или с секционными узлами (рис. 1.7).

Кольцевание водоразборных стояков в секционные узлы не производится в тех случаях, когда суммарная протяженность индивидуальных (у каждого водоразборного) циркуляционных стояков меньше длины кольцающей перемычки, а также когда отсутствует возможность прокладки кольцающей перемычки по чердаку здания или под потолком верхнего этажа.

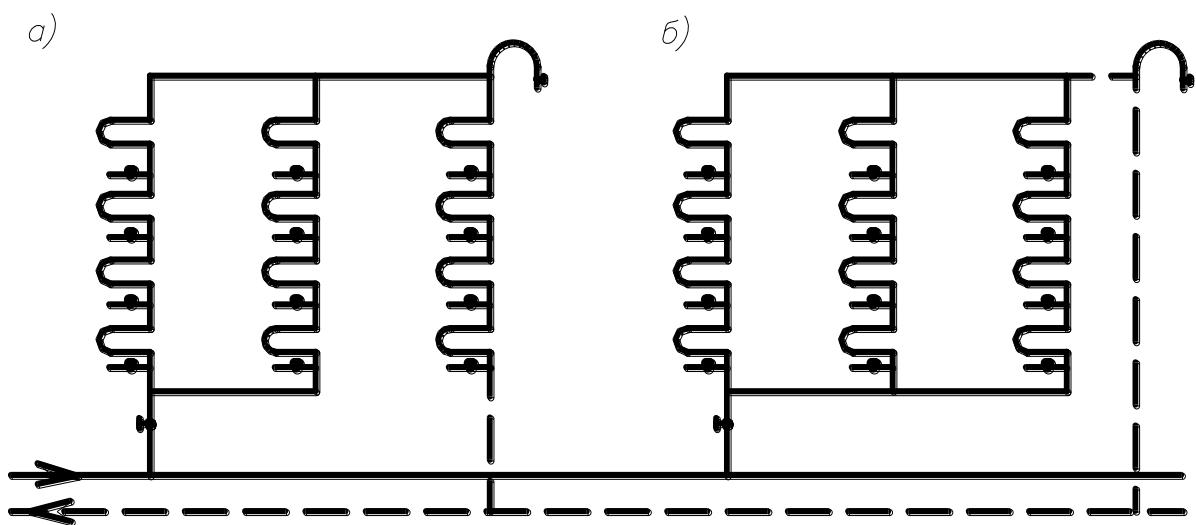


*Рис 1.6. Водоразборный узел с парно-закольцованными стояками:*

1 – подающий трубопровод; 2 – циркуляционный трубопровод; 3 – верхняя  
перемычка; 4 – полотенцесушитель; 5 – подводка в квартиру

В жилых зданиях высотой свыше 4 этажей следует объединять группы водоразборных стояков кольцующими перемычками в секционные узлы с присоединением каждого секционного узла одним циркуляционным трубопроводом к сборному циркуляционному трубопроводу системы. В секционные узлы следует объединять от трех до семи водоразборных стояков. Кольцующие перемычки при подаче воды в водоразборные стояки снизу следует прокладывать по теплому чердаку, по холодному чердаку под слоем теплоизоляции, при отсутствии чердака под потолком верхнего этажа. При подаче воды в водоразборные стояки сверху кольцующие перемычки прокладывают по подвалу.

Схемы секционных водоразборных узлов системы ГВС с нижней разводкой приведены на рис. 1.7.



*Рис. 1.7. Схемы секционных водоразборных узлов:  
а – с водоразборно-циркуляционным стояком; б – с дополнительным циркуляционным стояком*

Квартирную разводку трубопроводов от водоразборных стояков к водоразборным приборам следует вести на высоте 0,2 м от уровня пола. Смесители ванн устанавливаются на высоте 0,8 м, смесители моек – на высоте 0,85 м, смесители умывальников – на высоте 1,0 м от уровня пола. Присоединение водоразборных приборов к циркуляционным стоякам и циркуляционным трубопроводам не допускается. В верхних точках системы горячего водоснабжения следует предусматривать устройства для выпуска воздуха, в нижних точках – спускные устройства. Допускается использовать для указанных целей расположенные в таких точках водоразборные приборы. Горизонтальные трубопроводы системы горячего водоснабжения должны прокладываться с уклоном не менее 0,002. Уклон разводящих трубопроводов внутри здания обычно направлен в сторону ввода в здание наружной сети.

При проектировании трубопроводов систем горячего водоснабжения следует предусматривать возможность компенсации температурных деформаций. Компенсация температурных деформаций трубопроводов может быть решена с помощью П-образных и сильфонных компенсаторов, а также естественной компенсации.

Трубопроводы квартальных сетей горячего водоснабжения должны быть теплоизолированы. Внутри здания тепловую изоляцию следует предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов, включая стояки, кроме подводок к водоразборным приборам.

Прокладку квартальных трубопроводов систем горячего водоснабжения следует предусматривать подземную в непроходных каналах либо бесканальную. Допускается использовать для прокладки трубопроводов систем горячего водоснабжения технические подполья зданий. В местах ответвлений трубопроводов с установкой арматуры и контрольно-измерительных приборов при подземной прокладке следует предусматривать устройство тепловых камер.

При трассировке квартальных сетей горячего водоснабжения следует стремиться, из условий экономичности, к наименьшей протяженности трубопроводов, к наименьшему количеству тепловых камер, применяя, по возможности, двухстороннее присоединение ответвлений.

При проектировании наружных сетей горячего водоснабжения следует руководствоваться требованиями [1, 2, 4, 6]. Трубопроводы систем горячего водоснабжения следует выполнять из стальных оцинкованных или эмалированных труб, а также из других материалов, в том числе пластмасс, разрешенных для этих целей Госкомсанэпиднадзором России.

В системах горячего водоснабжения следует применять промышленную трубопроводную арматуру общего пользования. Запорную арматуру диаметром до 50 мм включительно для внутренних трубопроводов зданий следует применять бронзовую, латунную или из термостойких пластмасс. Для наружных сетей следует применять стальную или чугунную арматуру. В ЦТП устанавливают стальную арматуру. Установку запорной арматуры в системах горячего водоснабжения следует предусматривать:

- а) на ответлениях трубопроводов к секционным узлам водоразборных стояков и к отдельным зданиям;
- б) на ответлениях трубопроводов в каждую квартиру или помещение, в котором установлены водоразборные приборы;
- в) у оснований и на верхних концах закольцованных водоразборных и циркуляционных стояков;
- г) на всех подающих и циркуляционных трубопроводах на вводе и выводе из ЦТП;
- д) на всасывающем и на нагнетательном патрубках каждого насоса;
- е) на подводящих и отводящих трубопроводах каждого водоподогревателя.

Установку обратных клапанов в системах горячего водоснабжения следует предусматривать:

- а) на циркуляционном трубопроводе перед присоединением его к водоподогревателям;
- б) на нагнетательном патрубке каждого насоса до задвижки;
- в) на обводном трубопроводе у подкачивающих насосов;
- г) на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателями системы горячего водоснабжения за расходомером по ходу воды.

В закрытых системах горячего водоснабжения должны предусматриваться следующие контрольно-измерительные приборы:

- а) манометры и термометры показывающие – на вводе в здание подающего и циркуляционного трубопроводов; на входе и выходе трубопроводов греющей и нагреваемой воды для каждой ступени водоподогревателей;
- б) манометры показывающие – перед всасывающими и после нагнетательных патрубков насосов.

Автоматизация ЦТП в закрытых системах горячего водоснабжения должна обеспечить:

- а) заданную температуру воды в системе горячего водоснабжения путем установки регулятора температуры на трубопроводе греющей воды перед водоподогревателем;
- б) заданное давление в системе горячего водоснабжения путем установки на подающем трубопроводе перед водоподогревателем регулятора давления “после себя”;
- в) включение резервного насоса при отключении рабочего.

Для управления циркуляционными и повысительно-циркуляционными насосами, работающими периодически, может быть предусмотрена установка программных реле времени.

Здания отдельно стоящих ЦТП должны быть, как правило, из унифицированных бетонных или железобетонных конструкций с огнестойкостью не ниже III степени. Двери и ворота должны открываться наружу. Стены и потолки должны быть побелены, а панели стен на высоту 1,5 м от пола покрашены масляной краской. Покрытие полов должно быть бетонное или плиточное. Высота помещений должна быть не менее 4,2 м. В ЦТП с постоянным обслуживанием следует предусматривать уборную с умывальником, шкаф для хранения одежды, место для приема пищи.

Размеры помещения в плане определяются габаритами монтируемого оборудования и шириной проходов, достаточных для нормального обслуживания и ремонта (прил. 17).

Следует предусматривать ремонтную площадку, размеры которой в плане определяются габаритами наиболее крупной единицы оборудования и необходимых проходов, а также место для установки верстака.

Секционные кожухотрубные водоподогреватели могут устанавливаться на кронштейнах у стен или на стойках-опорах, пластинчатые водоподогреватели и насосы устанавливаются на фундаментах. При необходимости в ЦТП могут быть также установлены баки-аккумуляторы, оборудование для противокоррозионной и противонакипной обработки воды.

Оборудование для противокоррозионной и противонакипной обработки воды предусматривается в зависимости от качества используемой водопроводной воды в тех случаях, когда трубопроводную сеть и оборудование необходимо защищать от коррозии и накипеобразования.

При проектировании ЦТП следует руководствоваться указаниями [2, 4, 6, 7].

Качество горячей воды, подаваемой в систему горячего водоснабжения жилых зданий, должно соответствовать требованиям ГОСТ 2874-82.

Давление в системе горячего водоснабжения у санитарных приборов должно быть не более 0,45 МПа (4,5 кг/см<sup>2</sup>).

Температуру горячей воды  $t^h$  в местах водоразбора следует предусматривать для закрытых систем горячего водоснабжения не ниже 50 °C, для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к открытым системам теплоснабжения, не ниже 60 °C и не выше 75 °C для закрытых и открытых систем. Согласно рекомендациям [1] температуру горячей воды  $t^h$  на выходе из водоподогревателя в ЦТП следует принимать равной 60 °C, а в ЦТП с вакуумной деаэрацией – 65 °C. При определении расчетных расходов горячей воды в трубопроводах и стояках систем горячего водоснабжения зданий ее среднюю температуру рекомендуется принимать равной 55 °C.

## 1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети горячего водоснабжения  $q^h$ , л/с, при гидравлическом расчете подающих трубопроводов определяется по формуле

$$q^h = 5q_o^h \alpha, \quad (1.1)$$

где  $q_o^h$  – секундный расход воды, величина которого согласно [1] для жилых зданий квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением при наличии ванн, умывальников и моек принимается равным 0,2 л/с;

$\alpha$  – коэффициент, определяемый согласно прил. 4 в зависимости от произведения общего количества приборов  $N$  на расчетном участке сети и вероятности их действия  $P$ .

Вероятность действия санитарно-технических приборов  $P$  в жилых зданиях определяется по формуле

$$P = \frac{q_{hr,u}^h U}{3600 q_o^h N}, \quad (1.2)$$

где  $q_{hr,u}^h$  – расход горячей воды одним потребителем, л/ч, в час наибольшего водопотребления, принимаемый по прил.3;

$U$  – количество потребителей (жителей) в здании;

$N$  – количество водоразборных приборов.

Максимальный секундный расход горячей воды  $q^h$  на концевом участке сети (на подводке к водоразборному прибору) следует принимать для умывальника и мойки со смесителями не менее 0,14 л/с, для ванны со смесителем не менее 0,2 л/с.

Максимальный часовой расход горячей воды  $q_{hr}^h$ , м<sup>3</sup>/ч, следует определять по формуле

$$q_{hr}^h = 0,005 q_{o,hr}^h \alpha_{hr}, \quad (1.3)$$

где  $q_{o,hr}^h$  – часовой расход воды водоразборным прибором, л/ч, принима-

мый по прил. 2 (для жилых зданий, оборудованных ваннами, умывальниками и мойками, допускается принимать  $q_{o,hr}^h = 200$  л/ч);  $\alpha_{hr}$  – коэффициент, определяемый согласно прил. 4 в зависимости от произведения общего числа приборов  $N$ , обслуживаемых проектируемой системой, на вероятность их использования  $P_{hr}$ , которая определяется по формуле

$$P_{hr} = \frac{3600 P}{q_{0,hr}^h} q_o^h. \quad (1.4)$$

Максимальный часовой расход горячей воды  $q_{hr}^h$  используют в последующих расчетах при определении поверхностей нагрева водоподогревателей закрытых систем горячего водоснабжения.

Средний часовой расход  $q_T^h$ , м<sup>3</sup>/ч, за период (сутки) наибольшего водопотребления  $T$ , час, определяется по формуле

$$q_T^h = \frac{q_i^h U}{1000 T}, \quad (1.5)$$

где  $q_i^h$  – норма расхода горячей воды, л, одним потребителем в сутки наибольшего водопотребления, принимаемая по прил. 3;  $U$  – количество потребителей (жителей).

Средний часовой расход воды за сутки наибольшего водопотребления  $q_T^h$  используется для последующих расчетов по подбору счетчика воды, при определении емкости бака-аккумулятора и других расчетов.

Средний часовой расход воды за средние сутки  $q_{t,m}^h$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле

$$q_{t,m}^h = \frac{q_{i,m}^h U}{1000 T}, \quad (1.6)$$

где  $q_{i,m}^h$  – расход горячей воды, л/сут, одним потребителем в средние сутки, принимаемый по прил. 3.

Средний часовой расход воды в средние сутки используется при выполнении технико-экономических и коммерческих расчетов.

Для жилых зданий квартирного типа, оборудованных умывальниками, мойками, душами или ваннами, нормы расхода воды потребителями могут быть приняты по табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1

*Нормы расхода воды водопотребителями*

Водопотребители	Расход воды				
	$q_o^h$ , л/с	$q_{hr,i}^h$ , л/ч	$q_{o,hr}^h$ , л/ч	$q_i^h$ , л/сут	$q_{i,m}^h$ , л/сут
1. Жилые дома оборудованные умывальниками, мойками и душами	0,14	7,9	60	100	85
То же с сидячими ваннами	0,2	9,2	200	110	90
То же с ваннами длиной 1 500–1 700 мм	0,2	10	200	120	105
2. Жилые дома квартирного типа высотой свыше 12 этажей и повышенными требованиями к их благоустройству	0,2	10,9	200	130	115

### 1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА НУЖДЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Среднечасовой тепловой поток за сутки наибольшего водопотребления  $Q_t^h$ , кВт, определяется по формуле

$$Q_t^h = 1,16 q_t^h (55 - t^c) + Q_{ht}^h. \quad (1.7)$$

Среднечасовой тепловой поток за средние сутки,  $Q_{t,m}^h$ , кВт, определяется по формуле

$$Q_{t,m}^h = 1,16q_{t,m}^h(55 - t^c) + Q^{ht}. \quad (1.8)$$

Максимальный тепловой поток в течение часа максимального теплового потребления  $Q_{hr}^h$ , кВт, определяется по формуле

$$Q_{hr}^h = 1,16q_{hr}^h(55 - t^c) + Q^{ht}, \quad (1.9)$$

где  $t^c$  – температура холодной воды,  $^{\circ}\text{C}$ , в сети водопровода; при отсутствии данных ее следует принимать равной  $5\ ^{\circ}\text{C}$ ;

$Q^{ht}$  – теплопотери трубопроводами системы горячего водоснабжения,

кВт.

Методика определения тепловых потерь приведена на с. 24. При предварительных расчетах величина  $Q^{ht}$  может быть определена волях  $K^t$  от среднечасового расхода  $Q_t^h$  по формуле

$$Q^{ht} = K^t Q_t^h. \quad (1.10)$$

Для приближенных расчетов тепловых потерь величина коэффициента  $K^t$  в зависимости от типа системы ГВС и степени изоляции стояков может быть принята по табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

*Значения  $K^t$  в зависимости от типа системы горячего  
водоснабжения (ГВС) и степени изоляции стояков*

Тип системы горячего водоснабжения	Значения $K^t$	
	При наличии наружных распределительных сетей ГВС от ЦТП	Без наружных распределительных сетей ГВС
Без полотенцесушителей изолированными стояками	0,15	0,1
С полотенцесушителями изолированными стояками	0,25	0,2
С полотенцесушителями неизолированными стояками	0,35	0,3

При отсутствии данных о количестве и характеристике водоразборных приборов максимальный тепловой поток  $Q_{hr}^h$  для жилых районов допускается (для приближенных расчетов) определять по формуле

$$Q_{hr}^h = K_q Q_t^h, \quad (1.11)$$

где  $K_q$  — коэффициент часовой неравномерности водопотребления, принятый по табл. 1.3.

Т а б л и ц а 1.3

*Коэффициент часовой неравномерности водопотребления  $K_q$*

Численность жителей $U$	150	250	350	500	700	1 000	1 500	2 000
Коэффициент часовой неравномерности $K_q$	5,15	4,5	4,1	3,75	3,5	3,27	3,09	2,97

Окончание т а б л. 1.3

Численность жителей $U$	2 500	3 000	4 000	5 000	6 000	7 500	10 000	20 000
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------

Коэффициент часовой неравномерности $K_q$	2,9	2,85	2,78	2,74	2,7	2,65	2,6	2,4
---	-----	------	------	------	-----	------	-----	-----

**Примечание.** Для систем горячего водоснабжения, обслуживающих одновременно жилые и общественные здания, коэффициент часовой неравномерности следует принимать по сумме численности жителей в жилых зданиях  $U$  с коэффициентом 1,2.

#### 1.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ПОДАЮЩЕЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ГВС

После разработки внутридомовой схемы трубопроводов и трассировки наружной сети составляется расчетная схема системы ГВС, включающая аксонометрическую схему внутридомовой сети и однолинейную схему квартальных трубопроводов. Выбирается главная ветвь системы как наиболее протяженная и загруженная (от ввода холодного водопровода в ЦТП до дальнего водоразборного прибора, наиболее удаленного от ЦТП здания). На расчетной схеме нумеруются участки (начиная от водоразборного прибора и до ЦТП), проставляются длины участков с округлением до 0,1 м, максимальные секундные расходы воды в литрах в секунду.

Расчетный секундный расход горячей воды  $q^{h,cir}$ , л/с, на участках подающей сети при гидравлическом расчете следует согласно [1] определять с учетом циркуляционного расхода по формуле

$$q^{h,cir} = q^h (1 + K_{cir}), \quad (1.12)$$

где  $q^h$  – секундный расход на участке, л/с, определяемый по формуле (1.1);

$K_{cir}$  – коэффициент, принимаемый для водоподогревателей и начальных участков системы до первого водоразборного стояка по прил. 14, для остальных участков сети равным нулю.

Поскольку величины циркуляционных расходов  $q^{cir}$  (определяемые впоследствии на основании тепловых потерь подающими трубопроводами) предварительно неизвестны, гидравлический расчет подающей сети следует выполнять по максимальным секундным расходам  $q^h$ , но с ограничением допускаемых скоростей в стояках, распределительных

трубопроводах, наружных сетях до 1,0–1,2 м/с. Скорость воды в квартирных разводках может быть выше (диаметр разводки принимается равным 15 мм). После определения циркуляционных расходов и величины коэффициента  $K_{cir}$  необходимо выполнить повторный гидравлический расчет участков сети от ЦТП до первого водоразборного стояка, для которых  $K_{cir}$  не равен нулю и на которых следует учитывать согласно формуле (1.12) циркуляционные расходы. При выполнении повторного гидравлического расчета скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3 м/с.

Потери напора на участках трубопроводов закрытых систем горячего водоснабжения следует определять с учетом застарания труб по формуле

$$H = i l (1 + K_l), \quad (1.13)$$

где  $i$  – удельные потери напора, принимаемые по номограмме или таблице прил. 6;  
 $l$  – длина участка в м;

$K_l$  – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях, значения которого следует принимать:

- 0,2 – для подающих и циркуляционных распределительных трубопроводов;
- 0,5 – для трубопроводов в пределах тепловых пунктов, а также трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями;
- 0,1 – для трубопроводов водоразборных стояков без полотенцесушителей и циркуляционных стояков.

## 1.5. ПОДБОР СЧЕТЧИКА ВОДЫ

В тепловых пунктах закрытых систем для учета потребления воды на нужды горячего водоснабжения счетчики холодной воды следует устанавливать на трубопроводах, подающих водопроводную воду к водоподогревателям. В открытых циркуляционных системах горячего водоснабжения количество потребленной горячей воды определяется по разности показаний счетчиков горячей воды, установленных на подающем и циркуляционном трубопроводах системы ГВС.

Диаметр условного прохода счетчика следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за сутки наибольшего водопотребления  $q_t^h$  (см. формулу (1.5)), который не должен превышать ближайший по величине эксплуатационный, принимаемый по прил. 5.

Счетчик с принятым диаметром условного прохода надлежит проверить на величину потерь напора  $H_{\text{сч}}$  при пропуске максимального секундного расхода  $q^h$  в системе, при котором потери напора не должны превышать в крыльчатых счетчиках 5 м, в турбинных 2,5 м.

Потери напора в счетчиках  $H_{\text{сч}}$ , м, при расчетном секундном расходе воды  $q^h$ , л/с, следует определять по формуле

$$H_{\text{сч}} = s(q^h)^2, \quad (1.14)$$

где  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика, принимаемое по прил. 5.

При значении  $H_{\text{сч}}$ , превышающем допустимые значения, следует принять счетчик с большим диаметром условного прохода.

## 1.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПОТЕРЬ И ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ РАСХОДОВ В ПОДАЮЩИХ ТРУБОПРОВОДАХ СИСТЕМЫ ГВС

Циркуляционный расход горячей воды в системе  $q^{\text{cir}}$ , л/с, следует определять по формуле

$$q^{\text{cir}} = \beta \frac{\sum Q^{\text{ht}}}{4,2 \Delta t}, \quad (1.15)$$

где  $\sum Q^{\text{ht}}$  – суммарные теплопотери подающими трубопроводами системы –

ГВС, кВт;

$\Delta t$  – разность температур в подающих трубопроводах системы от во-

доподогревателя до наиболее удаленной водоразборной точки, °C;

$\beta$  – коэффициент разрегулировки циркуляции.

Для системы с переменным сопротивлением циркуляционных стояков величину  $q^{\text{cir}}$  следует определять по подающим трубопроводам и водоразборным стоякам при  $\Delta t = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\beta = 1$ ; при одинаковом сопротивлении секционных узлов или стояков величину  $q^{\text{cir}}$  следует определять по водоразборным стоякам при  $\Delta t = 8,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\beta = 1,3$ .

Теплопотери участком трубопровода  $Q^{\text{ht}}$  следует определять по формуле

$$Q^{\text{ht}} = ql, \quad (1.16)$$

где  $q$  – теплопотери на 1 м трубопровода, Вт/м;

$l$  – длина участка трубопровода, м.

Длина водоразборного этажстояка должна включать длину полотенцесушителя. Допускается при расчете теплопотерь участков водоразборных стояков теплопотери каждого полотенцесушителя принимать равными 100–150 Вт, но при этом его длина должна быть исключена из длины этажстояка. Значения  $q$  в зависимости от условий прокладки приведены в прил. 7. Пример расчета теплопотерь и циркуляционных расходов приведен на с. 53.

## 1.7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА СИСТЕМЫ ГВС

Расчетное циркуляционное кольцо закрытой системы ГВС состоит из двух частей: подающего трубопровода от водоподогревателей ЦТП до точки подключения к водоразборному стояку квартирной разводки к наиболее удаленному водоразборному прибору и циркуляционного трубопровода от указанной точки до водоподогревателей ЦТП.

Диаметры циркуляционных трубопроводов принимают из расчета пропуска найденных ранее циркуляционных расходов с учетом допускаемых скоростей при выполнении следующих условий:

- a) потери давления при требуемых циркуляционных расходах как в подающих, так и в циркуляционных трубопроводах от водоподогревателей до наиболее удаленных водоразборных приборов в каждой ветви системы не должны отличаться для разных ветвей более чем на 10 %;
- б) суммарные потери давления в подающих и циркуляционных стояках секционных узлов между точками присоединения их к распределительному

- подающему и сборному циркуляционному трубопроводам не должны отличаться более чем на 10 %;
- в) потери давления в секционных узлах при расчетном циркуляционном расходе должны составлять 0,03–0,06 МПа.

Увязку потерь давления между различными ветвями системы, а также между секционными узлами здания следует выполнять путем соответствующего подбора диаметров циркуляционных трубопроводов, а при невозможности увязки диаметрами следует предусматривать установку дроссельных диафрагм на циркуляционном трубопроводе. Диаметр диафрагмы не следует принимать менее 10 мм. Диаметр отверстий регулирующих диафрагм  $d_d$ , мм, рекомендуется определять по формуле

$$d_d = 20 \sqrt{\frac{q}{0,0316\sqrt{H_{ep}} + 350 \frac{q}{d^2}}}, \quad (1.17)$$

где  $q$  – расход воды через диафрагму, л/с;

$H_{ep}$  – избыточный напор, который следует погасить диафрагмой, м;

$d$  – внутренний диаметр трубопровода, мм.

Более точно увязку потерь напора можно выполнить при установке вместо диафрагм балансировочных клапанов.

## 1.8. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЕКЦИОННЫХ ВОДОРАЗБОРНЫХ УЗЛОВ

Стойки, закольцованные в секционный узел, могут проектироваться с переменными или одинаковыми диаметрами по всей их длине. Во втором случае диаметр водоразборного стояка определяется при суммарном расчетном расходе воды в стояке с коэффициентом 0,7 и скорости не более 1,5 м/с. Диаметры трубопроводов кольцующих перемычек допускается принимать равными наибольшему диаметру водоразборного стояка секционного узла.

Для упрощения работы по проектированию секционных узлов горячего водоснабжения жилых зданий высотой до пяти этажей и более выбор диаметров трубопроводов допускается предварительно производить по табл. 1.4.

После выбора схемы внутридомовой системы и диаметров водоразборных стояков подключающих участков и кольцающих перемычек определяются теплопотери трубопроводами узла и требуемый циркуляционный расход. Циркуляционный расход горячей воды в системе  $q^{\text{cir}}$ , л/с, следует определять по формуле (1.15)

$$q^{\text{cir}} = \beta \frac{\sum Q^{\text{ht}}}{4,2 \Delta t}.$$

При одинаковом сопротивлении секционных узлов или стояков величину  $q^{\text{cir}}$  следует определять по водоразборным стоякам при  $\Delta t = 8,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $\beta = 1,3$ .

Требуемый циркуляционный расход секционного узла распределяется равными долями по всем водоразборным стоякам узла независимо от их диаметров и места расположения. При этих расходах определяются суммарные потери напора через каждый водоразборный стояк от точки (точек) присоединения секционного узла к подающей магистрали до точки присоединения циркуляционного стояка к кольцающей перемычке. Полученные потери напора по различным стоякам узла отличаются по величине, но после определения средней арифметической величины получаем потери напора подающей части секционного узла. Зная потери напора в подающей части узла, можно подбирать циркуляционный стояк. Диаметр циркуляционного стояка подбирается из условия гашения в нем при требуемом циркуляционном расходе перепада давления 0,03–0,06 МПа.

Таблица 1.4

*Рекомендуемые диаметры трубопроводов секционных узлов*

Место прокладки трубопровода	Диаметр, мм
1. Водоразборные стояки в санитарно-технических кабинах или монтируемые россыпью в зданиях высотой до 5 этажей этажей включительно	20
2. То же, в зданиях высотой более 5 этажей	25
3. Дополнительные стояки, прокладываемые в кухнях для подачи воды к мойкам	20
4. Главные стояки горячего водоснабжения при верхней разводке:	

а) в зданиях высотой до 14 этажей при обслуживании узлом до 70 квартир	50
б) то же, до 110 квартир	70
в) в зданиях высотой 15–16 этажей	80
5. Участки кольцающих перемычек:	
а) циркуляционные верхние (или нижние)	20
в зданиях высотой до 5 этажей включительно	
б) то же, свыше 5 этажей	25
6. Подключающие участки подающих трубопроводов при обслуживании:	
а) одного водоразборного стояка диаметром 25 мм	25
б) двух водоразборных стояков диаметрами 25 мм	32
в) трех и более стояков диаметрами 25 мм	40

## 1.9. ПОДБОР ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

В тепловых пунктах для нагрева водопроводной воды следует применять водяные горизонтальные секционные кожухотрубные или пластинчатые водоподогреватели. В качестве кожухотрубных секционных водоподогревателей рекомендуется применять водо-водяные подогреватели по ГОСТ 27590, состоящие из секций кожухотрубного типа с блоком опорных перегородок для теплоносителя давлением до 1,6 МПа и температурой до 150 °С. В качестве пластинчатых рекомендуется применять водоподогреватели по ГОСТ 15518, а также водоподогреватели зарубежных фирм: Альфа-Лаваль, СВЕП, АВР, Цететерм и др. Для систем горячего водоснабжения допускается применять емкостные водоподогреватели с одновременным использованием их в качестве баков-аккумуляторов горячей воды.

Для водо-водяных подогревателей следует принимать противоточную схему потоков теплоносителей. В кожухотрубных водоподогревателях систем горячего водоснабжения греющая (сетевая) вода должна поступать в межтрубное пространство, нагреваемая (водопроводная) вода – в трубы.

В пластинчатых теплообменниках нагреваемая вода должна проходить вдоль первой и последней пластин. Для систем горячего водоснабжения горизонтальные секционные кожухотрубные водоподогреватели должны применяться с латунными

трубками. Для пластинчатых теплообменников должны применяться пластины из нержавеющей стали.

Схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения выбирается в зависимости от соотношения максимального потока теплоты на горячее водоснабжение  $Q_{hr}^h$  и максимального потока теплоты на отопление  $Q_{omax}$ :

при значениях  $Q_{hr}^h / Q_{omax} \geq 1,0$  – одноступенчатая параллельная схема (рис. 18.1 прил. 18);

при значениях  $0,4 < Q_{hr}^h / Q_{omax} < 1,0$  – двухступенчатые смешанные (рис. 18.2, 18.3 прил. 18) или последовательная схемы;

при значениях  $Q_{hr}^h / Q_{omax} \leq 0,4$  – одноступенчатая предвключенная схема (при закрытой задвижке Б) (рис. 18.4 прил. 18).

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение  $Q_{hr}^h$  определяется по формуле (1.9). Расчетный тепловой поток на нужды отопления микрорайона (квартала)  $Q_{omax}$  определяется по следующей формуле:

$$Q_{omax} = q_o A, \quad (1.18)$$

где  $A$  – общая площадь жилых зданий микрорайона,  $m^2$ ;

$q_o$  – укрупненный показатель максимального часового расхода тепло-

ты на отопление жилых зданий,  $Bt/m^2$  общей площади, который

следует принимать по табл. 1.5.

Т а б л и ц а 1.5

*Укрупненные показатели максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий  $q_o$ ,  $Bt/m^2$  общей площади*

Этажность жилой застройки	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_o$ , $^{\circ}C$									
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
1–2	145	152	159	166	173	177	180	187	194	200
3–4	74	80	86	91	97	101	103	109	116	123
5 и более	65	67	70	73	81	87	87	95	100	102

Расчет поверхности нагрева водо-водяных подогревателей для систем горячего водоснабжения производится при температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети, соответствующей точке излома графика температуры воды или при минимальной температуре воды, если отсутствует излом графика температур. Установка водоподогревателей горячего водоснабжения в ЦТП предусматривается в два параллельно включенных потока. При этом водоподогреватели каждого потока должны обеспечить 50 % требуемого расчетного теплового потока на горячее водоснабжение.

Технические характеристики водоподогревателей и элементы их конструкций для систем горячего водоснабжения приведены в [3], в прил. 9, 10, а также в каталогах фирм-производителей. Примеры теплового и гидравлического расчетов различных типов водоподогревателей приведены в литературе [3, 5], а также на с. 59–77.

## 1.10. ПОДБОР НАСОСОВ

При постоянном или периодическом недостатке напора, а также при необходимости поддержания принудительной циркуляции, в централизованных системах горячего водоснабжения необходимо предусматривать устройство насосных установок.

В ЦТП для систем горячего водоснабжения могут быть установлены следующие группы насосов: повышательные (основной и резервный), циркуляционные или циркуляционно-повышательные (основной и резервный). Назначение насосов:

повышательных – обеспечить расчетное давление горячей воды, поступающей к потребителям при недостаточном давлении в городском водопроводе на вводе в ЦТП;

циркуляционных – обеспечить постоянную циркуляцию воды в системе горячего водоснабжения, чтобы предотвратить ее остывание при отсутствии водоразбора и, соответственно, бесполезный слив остывшей воды. На рис. 1.8 изображены график напоров и схема закрытой системы ГВС с повышательным и циркуляционным насосами.

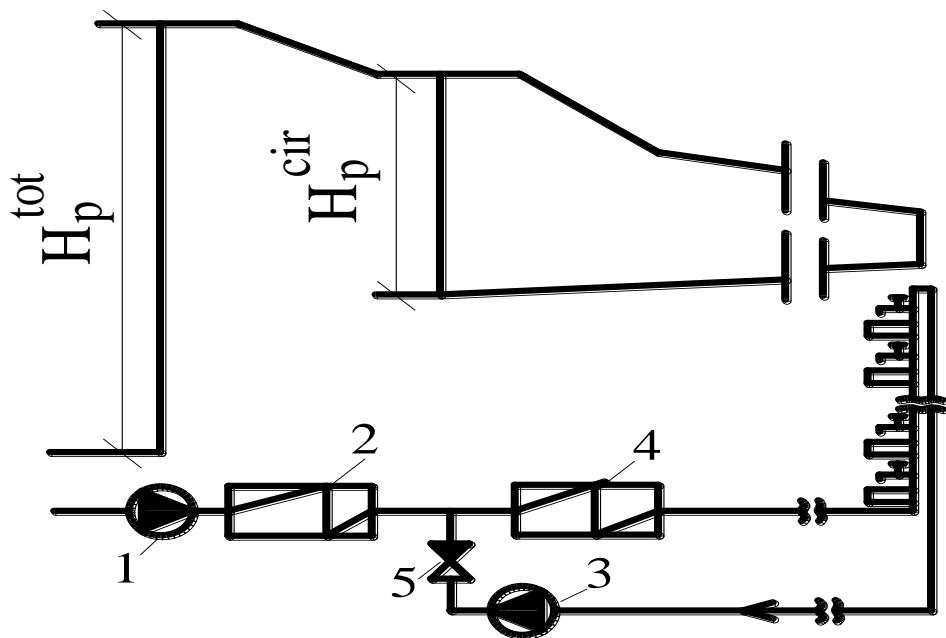


Рис. 1.8. График напоров и схема закрытой системы ГВС с повышительным и циркуляционным насосами:

1 – хозяйственный повышительный насос; 2 – водонагреватель I ступени;  
3 – циркуляционный насос; 4 – водонагреватель II ступени; 5 – обратный клапан;  
 $H_p^{\text{tot}}$  – напор повышительного насоса;  $H_p^{\text{cir}}$  – напор циркуляционного насоса

При достаточном давлении в городском водопроводе необходимость в повышительном насосе отпадает.

Циркуляционные насосы при недостаточном давлении в городском водопроводе могут быть установлены по циркуляционно-повышительной схеме (на подающем трубопроводе между первой и второй ступенями водоподогревателя), что, кроме обеспечения циркуляции, позволяет увеличить также давление в системе горячего водоснабжения при водоразборе, снизить мощность повышительных насосов, а следовательно,

и

суммарный

расход

электроэнергии на перекачку воды. Такая схема установки циркуляционных насосов называется циркуляционно-повысительной (рис. 1.9).

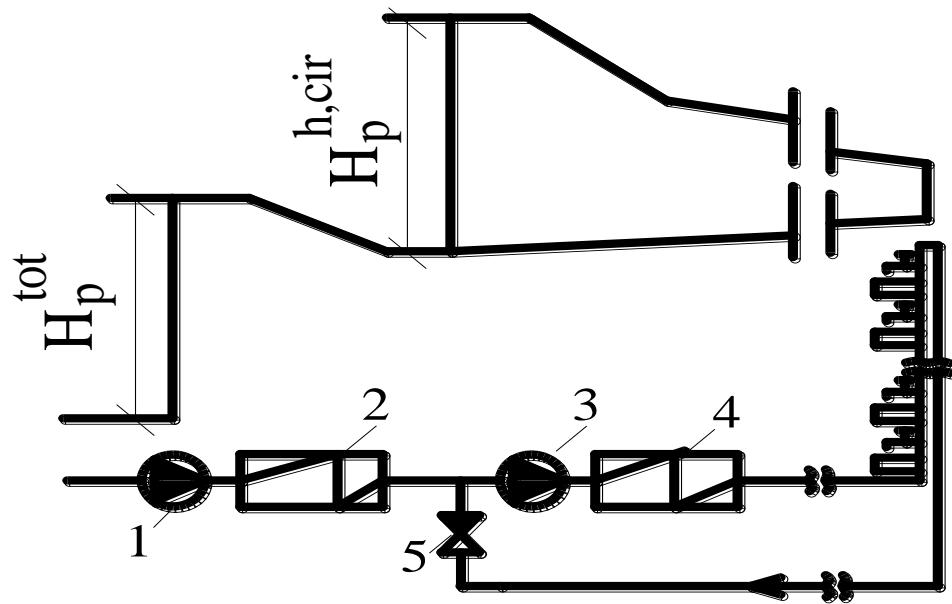


Рис. 1.9. График напоров и схема закрытой системы ГВС с повышительным и циркуляционно-повышительным насосами:

1 – хозяйственный повышательный насос; 2 – водонагреватель I ступени; 3 – циркуляционно-повышательный насос; 4 – водонагреватель II ступени; 5 – обратный клапан;  $H_p^{\text{tot}}$  – напор повышательного насоса;  $H_p^{\text{h,cir}}$  – напор циркуляционно-повышательного насоса

Напор циркуляционно-повышательного насоса должен быть равен перепаду давлений между подающим и циркуляционным трубопроводами сети, необходимому для создания нужной циркуляции в ней и включающему в себя потери давления в подающей и циркуляционной частях системы. При уменьшении водоразбора сократятся потери давления в подающей части системы, но значительно увеличатся в циркуляционной части, поэтому при такой установке насоса его напор ближе к требуемому напору в течение всего рабочего времени. При этом возможно подбором трубопроводов подающей и циркуляционной частей системы привести изменение фактического напора насоса в соответствие с требуемым. Появление избыточного напора в циркуляционном режиме можно использовать для уменьшения металлоемкости системы.

Таким образом, применение циркуляционно-повышательных насосов позволяет не только упростить эксплуатацию и уменьшить стоимость оборудования, но и значительно

сократить расход электроэнергии. Важно не только обеспечить возможность поддержания разных давлений в системах холодного и горячего водоснабжения, но и сократить расход электроэнергии общей повысительной установкой (хозяйственными насосами), уменьшить продолжительность ее работы, повысить надежность резервирования. При этом имеется в виду как замена вышедшего из строя насоса, так и обеспечение нормальной работы при снижении давления в городском водопроводе ниже предусмотренного.

Предварительный подбор марки циркуляционно-повысительного насоса в зависимости от количества квартир можно выполнить по табл. 1.6.

Т а б л и ц а 1.6

*Насосы ГВС, применяемые при циркуляционно-повысительной схеме*

Число квартир	Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Мощность электродвигателя, кВт
До 500	2К-6а	10-20-30	28-25-20	2,8
501-1000	3К-9а	25-35-45	24-22-19	4,5
1001-1900	4К-18а	50-70-90	20-18-14	7,0
1901-2600	4К-12	60-80-100	25-22-19	7,0
2601-3200	6К-12	110-160-200	22-20-17	14,0

В некоторых случаях возможен отказ от установки повысительного насоса при условии, если циркуляционно-повысительный насос сможет

обеспечить необходимые параметры как в режиме водоразбора, так и в режиме циркуляции с достаточно высоким КПД.

В настоящее время наиболее распространенной является параллельная установка насосов. При этом допускаются различные решения:

1) все насосы имеют одинаковые параметры по расходу и напору, подача каждого насоса при этом может быть равна расчетному расходу воды в обслуживаемых системах либо части этого расхода (в зависимости от числа одновременно работающих насосов);

2) отдельные параллельно установленные насосы или группы насосов создают различные напоры; недостатком такого решения является невозможность совместной работы всех насосов, так как группа насосов, создающая малый напор, работает вхолостую.

Экономичность работы общей повысительной установки достигается наилучшим образом при изменении в широком диапазоне напора, создаваемого установкой. При значительном различии в требуемых напорах для режимов водоразбора и режимов циркуляции может быть применена изображенная на рис 1.10 комбинированная (с возможностью параллельной и последовательной работы) схема включения насосов.

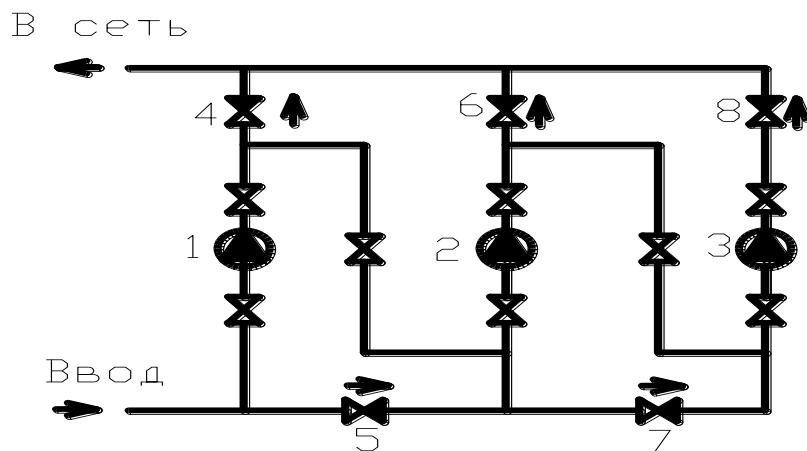


Рис. 1.10. Трубопроводная обвязка при комбинированной схеме повысительной насосной установки:  
1, 2, 3 – насосы; 4, 5, 6, 7, 8 – обратные клапаны

В повысительных установках более экономично последовательное расположение насосов, поскольку, варьируя числом работающих насосов, можно в широких пределах изменять общий напор установки.

При последовательном размещении насосов резерв по напору обеспечивается резервным насосом, включаемым вместо вышедшего из строя рабочего насоса. Преимуществом последовательной установки является возможность использования низконапорных насосов, создающих меньший шум и обладающих значительно большим моторесурсом. Кроме того, эта схема (рис. 1.10) позволяет задавать любую последовательность включения и выключения насосов. При данной схеме соединения любая пара насосов может быть рабочей и любой насос резервным. Наилучшим для эксплуатации является периодическая (не реже одного раза в неделю) смена функций, выполняемых насосами. Например, резервным насосом могут быть все насосные агрегаты поочередно, при этом будут меняться и насосы, выполняющие функции I ступени подъема. Такой порядок обеспечит равномерную загрузку насосного оборудования и своевременное профилактическое его обслуживание.

Появление на отечественном рынке насосов зарубежных фирм (WILO, DANFOSS и других) с возможностью ступенчатого и частотного регулирования числа их оборотов и, соответственно, подачи и напора, применение схем автоматизации насосов существенно облегчают решение задачи по обеспечению экономичных режимов работы насосных установок.

Предварительно, для определения схемы установки циркуляционного насоса, необходимо сравнить величину гарантированного напора городского водопровода на вводе в ЦТП  $H_g$  с величиной требуемого напора  $H_{\text{треб}}$  в режиме максимального водоразбора при пропуске расчетного расхода горячей воды  $q^{\text{h,cir}}$ .

Требуемый напор в точке присоединения системы горячего водоснабжения к трубопроводу, подающему холодную воду  $H_{\text{треб.}}$ , м, следует определять по формуле

$$H_{\text{треб}} = H_{\text{геом}} + \sum H_{l,\text{tot}} + H_f + H_{c\epsilon} + H_h, \quad (1.19)$$

где  $H_{\text{геом}}$  – геометрическая высота подачи воды от уровня ввода водопро-

вода в ЦТП (пола ЦТП) до наиболее высоко расположенного санитарного прибора, м;

$\sum H_{l,\text{tot}}$  – сумма потерь напора в трубопроводах главной ветви системы от ЦТП до наиболее удаленной точки трубопровода, м;

$H_f$  – свободный напор, м, у дальнего водоразборного прибора, кото-

рый следует принимать:

- a) для моек и умывальников со смесителями – 2 м;
- б) для ванн и душей со смесителями – 3 м;

$H_{\text{сч}}$  – потери напора в счетчике холодной воды, м;

$H_{\text{н}}$  – потери напора для нагреваемой воды в водоподогревателях

ЦТП, м.

Потери напора для нагреваемой воды в пластинчатых водоподогревателях определяются по формуле

$$H_{\text{н}} = 0,1\varphi B(33 - 0,08t_{\text{cp}}^{\text{h}})W_{\text{н}}^{0,75}X, \quad (1.22)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий накипеобразование, при отсутствии опытных данных следует принимать  $\varphi = 1,5\text{--}2,0$ ;

$B$  – коэффициент, зависящий от типа пластины, может быть принят по табл. 9.2 прил. 9;

$W_{\text{н}}$  – скорость нагреваемой воды при прохождении максимального секундного расхода  $q^{\text{h,cir}}$ , м/с;

$t_{\text{cp}}^{\text{h}}$  – средняя температура нагреваемой воды в водоподогревателе,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$X$  – количество ходов нагреваемой воды.

Напор повысительного насоса  $H_{\text{p}}$ , м, определяется по формуле

$$H_{\text{p}} = H_{\text{треб}} - H_{\text{g}}. \quad (1.23)$$

Подача повысительного насоса  $G_{\text{p}}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , определяется по формуле

$$G_{\text{p}} = 3,6 q^{\text{h,cir}}. \quad (1.24)$$

В случае если гарантированный напор городского водопровода на воде в ЦТП сможет компенсировать все потери напора в системе горячего во-доснабжения (выполняется условие  $H_{\text{g}} > H_{\text{треб}}$ ), необходимо предусмотреть установку только циркуляционного насоса по циркуляционной схеме.

При установке циркуляционного насоса по циркуляционной схеме его подача должна быть равна суммарному циркуляционному расходу горячей воды в системе  $q^{\text{cir}}$ .

Напор циркуляционного насоса  $H_{\text{cir}}$  следует определять по следующей формуле:

$$H_{\text{cir}} = H_{\text{п}}^{\text{cir}} \left( \frac{q^{\text{cir}} + xq^{\text{h}}}{q^{\text{cir}}} \right)^2 + H_{\text{II в-ль}}^{\text{cir,x}} + H_{\text{п}}^{\text{cir}}, \quad (1.25)$$

где  $H_{\text{п}}^{\text{cir}}$  и  $H_{\text{п}}^{\text{cir}}$  – потери напора соответственно по подающим и циркуляционным трубопроводам наиболее протяженного кольца системы горячего водоснабжения при пропуске циркуляционного расхода  $q^{\text{cir}}$ , м;

$x$  – доля максимального водоразбора, принимаемая для квартальных систем горячего водоснабжения от ЦТП равной 0,3–0,5;

$H_{\text{II в-ль}}^{\text{cir,x}}$  – потери напора в водоподогревателе второй ступени при пропуске суммы расходов  $q^{\text{cir}} + xq^{\text{h}}$  для одного потока, м.

При недостаточном напоре городского водопровода при пропуске максимального секундного расхода  $q^{\text{h,cir}}$  (выполняется условие  $H_g < H_{\text{треб}}$ ) следует предусматривать установку циркуляционно-повысительного насоса по циркуляционно-повысительной схеме. Подача циркуляционно-повысительного насоса  $G_{\text{p,cir}}$  должна быть равна максимальному секундному расходу воды  $q^{\text{h,cir}}$ .

Напор циркуляционно-повысительного насоса  $H_{\text{p,cir}}$  следует определять также по формуле (1.25). Если напор принятого циркуляционно-повысительного насоса не компенсирует недостаток напора в системе горячего водоснабжения при водоразборе  $H_{\text{треб}} - H_g$ , следует предусмотреть установку дополнительного повышительного насоса на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателями первой ступени. Напор дополнительного повышительного насоса  $H_p$ , м, в данном случае следует определять по формуле

$$H_p = H_{\text{треб}} - H_g - H_{\text{p,cir}}, \quad (1.26)$$

где  $H_{p,cir}$  – напор циркуляционно-повысительного насоса, м.

Подача дополнительного повысительного (хозяйственного) насоса  $G_p$  должна быть равна расчетному расходу горячей воды в системе  $q^h$  без учета циркуляционного расхода.

В ЦТП следует предусматривать автоматизацию насосного оборудования. Схемы автоматизации и их описание приведены в литературе [2, 4, 9]. В прил. 8 приведены основные данные по насосам, рекомендуемым для использования в квартальных системах горячего водоснабжения. Технические характеристики насосов иностранного производства, а также средств их автоматизации приведены в каталогах соответствующих фирм-производителей.

### 1.11. РАСЧЕТ И ПОДБОР БАКОВ-АККУМУЛЯТОРОВ

Наличие аккумулирующей емкости позволяет выравнивать неравномерность потребления горячей воды, а также уменьшать поверхность нагрева водоподогревателей. Баки-аккумуляторы, устанавливаемые в ЦТП жилых районов, должны рассчитываться на выравнивание суточного графика расхода воды за сутки наибольшего водопотребления. При этом вместимость баков-аккумуляторов рекомендуется принимать исходя из условий расчета производительности водоподогревателей по среднечасовому потреблению теплоты на горячее водоснабжение  $Q_t^h$ .

Регулирующий объем емкости бака-аккумулятора при мощности водонагревателя, не обеспечивающего максимального часового потребления теплоты, определяется по формуле

$$W = \frac{\varphi T Q_t^h}{1,16(55 - t^c)} , \quad (1.27)$$

где  $\varphi$  – относительная величина регулирующего объема, определяемая

в соответствии с требованиями [1];

$T$  – расчетный период работы системы ГВС в течение суток, ч. При равномерной и непрерывной работе водонагревателя в течение суток величина  $\varphi$  может быть определена по формуле

$$\varphi = 1 - K_{\text{hr}}^{\text{ht.sp}} + (K_{\text{hr}}^{\text{ht}} - 1) \left( \frac{K_{\text{hr}}^{\text{ht.sp}}}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}} \right)^{\frac{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}} - 1}} + \left( \frac{K_{\text{hr}}^{\text{ht.sp}} - 1}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}} \right)^{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}}. \quad (1.28)$$

Коэффициент часовой неравномерности теплопотребления  $K_{\text{hr}}^{\text{ht}}$  в период (сутки, смена) максимального потребления горячей воды следует вычислять по формуле

$$K_{\text{hr}}^{\text{ht}} = \frac{Q_{\text{hr}}^{\text{h}}}{Q_{\text{T}}^{\text{h}}}. \quad (1.29)$$

Коэффициент часовой неравномерности подачи теплоты для нужд горячего водоснабжения  $K_{\text{hr}}^{\text{ht.sp}}$  в период (сутки, смена) максимального потребления горячей воды следует вычислять по формуле

$$K_{\text{hr}}^{\text{ht.sp}} = \frac{Q^{\text{sp}}}{Q_{\text{T}}^{\text{h}}}, \quad (1.30)$$

где  $Q^{\text{sp}}$  – расчетная мощность водонагревателя, кВт.

При мощности водонагревателя  $Q^{\text{sp}}$ , соответствующей среднечасовому потреблению теплоты  $Q_{\text{T}}^{\text{h}}$  ( $K_{\text{hr}}^{\text{ht.sp}} = 1$ ), формула (1.28) приобретает вид

$$\varphi = (K_{\text{hr}}^{\text{ht}} - 1) \left( \frac{1}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}} \right)^{\frac{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}} - 1}}. \quad (1.31)$$

При равномерной и непрерывной работе водонагревателя в течение суток величина  $\varphi$  может быть принята по прил. 16.

Емкость бака-аккумулятора может быть также определена графически, на основании интегральных графиков подачи и потребления теплоты в системе ГВС. Неравномерность потребления теплоты в течение суток может быть принята по табл. 1.7.

Т а б л и ц а 1.7

*Потребление теплоты на горячее водоснабжение  
по часам суток, % от  $Q_{\text{T}}^{\text{h}}$*

Часы суток	0–1	1–6	6–7	7–9	9–12	12–16	16–17
Потребление теплоты, % от $Q_{\text{T}}^{\text{h}}$	50	10	60	90	180	80	120
Часы суток	17–18	18–19	19–20	20–21	21–22	22–23	23–24
Потребление	120	160	240	200	140	120	80

---

теплоты, % от $Q_t^h$							
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--

---

Емкость бака-аккумулятора  $V_A$ , м<sup>3</sup>, при переменном объеме воды в нем и постоянной ее температуре, определяется по формуле

$$V_A = \frac{3,6A_{\max}}{(55 - t^c)4,2}, \quad (1.32)$$

где  $A_{\max}$  – максимальная разность ординат интегральных графиков подачи

и потребления теплоты, кВт;

$t^c$  – температура холодной водопроводной воды, °С.

Количество баков аккумуляторов в системах ГВС принимается не менее двух по 50 % рабочего объема каждый. Устройство баков-аккумуляторов должно соответствовать требованиям [1, 2]. Примеры расчетов и подборов баков-аккумуляторов приведены на с. 80–81, а также в литературе [10, 11].

## 2. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ И ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

### 2.1. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ И ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА

#### Исходные данные для проектирования

Микрорайон застроен девятью двух-, трех-, а также четырехсекционными девятиэтажными зданиями. План секции изображен на рис. 2.1. В каждой квартире установлены мойка со смесителем, умывальник со смесителем, ванна со смесителем и душем. Высота типового этажа здания принята 3 м. Количество жителей в квартире определено исходя из нормы общей площади на одного человека  $f = 17 \text{ м}^2$ . Общее количество жителей в одной секции здания составит 147 человек, в микрорайоне – 3 822 человека.

Общая полезная площадь жилых зданий микрорайона составляет 64 650  $\text{м}^2$ . Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления  $t_o = -20^\circ\text{C}$ . Температура сетевой воды для точки излома повышенного температурного графика в подающем трубопроводе  $\tau'_1 = 80^\circ\text{C}$ , в обратном трубопроводе  $\tau'_2 = 40^\circ\text{C}$ . Расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе  $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$ , в обратном трубопроводе  $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ . Температура холодной водопроводной воды на входе в водоподогреватель  $t^c = 5^\circ\text{C}$ . Температура горячей воды на выходе из водоподогревателя  $t^h = 60^\circ\text{C}$ . Гарантированный напор городского водопровода на вводе в ЦТП  $H_g = 60 \text{ м}$ .

### 2.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОДАЮЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

После трассировки квартальных сетей горячего водоснабжения микрорайона и разработки аксонометрической схемы внутренних трубопроводов наиболее удаленного от ЦТП здания составляют расчетную схему системы горячего водоснабжения, состоящую из расчетной аксонометрической схемы трубопроводов здания (рис. 2.2) и

расчетной схемы квартальных сетей горячего водоснабжения микрорайона (рис. 2.3). Далее выбирают расчетную ветвь системы как наиболее протяженную и загруженную от дальнего и наиболее высоко расположенного водоразборного прибора двухсекционного здания № 3 до ЦТП. В данном примере принята система горячего водоснабжения здания с нижней разводкой, с секционными водоразборными узлами, образованными закольцованными поверху тремя водоразборными и одним циркуляционным стояками. Длина водоразборного этажстояка с присоединенным по проточной схеме полотенцесушителем принята равной 5 м. Согласно схеме (рис. 2.2) наиболее удаленным от ЦТП водоразборным прибором будет смеситель умывальника водоразборного стояка Ст.ГВ-1 на девятом этаже здания. На расчетной ветви проставляются номера участков, их длины в метрах, определяемые по формуле (1.1) расчетные секундные расходы  $q^h$ . Секундный расход одним водоразборным прибором согласно рекомендациям [1] принят равным 0,2 л/с. Безразмерная величина  $\alpha$  определяется по прил. 4 в зависимости от произведения количества приборов на участке  $N$  на вероятность их действия  $P$ .

Вероятность действия приборов определяется по формуле (1.2)

$$P = \frac{q_{hr,u}^h U}{3600 q_o^h N} = \frac{10 \cdot 147}{3600 \cdot 0,2 \cdot 108} = 0,019,$$

где  $U = 147$  – количество жителей в секции здания;

$N = 108$  – количество водоразборных приборов в секции;

$q_{hr,u}^h$  – расход горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления (10 л/ч);

$q_o^h$  – расход воды водоразборным прибором (0,2 л/с).

После определения секундных расходов на участках приступают к гидравлическому расчету подающих трубопроводов расчетной ветви. Диаметры участков стояков водоразборного узла в данном примере приняты переменными. Ориентируясь на рекомендуемые скорости 0,8–1,2 м/с, по номограмме прил. 6 определяют диаметры трубопроводов  $d$ , мм, скорости движения воды  $w$ , м/с, удельные потери напора  $i$ , мм/м. Затем определяют потери напора на участках  $H_1$  и суммарные потери всей расчетной ветви  $\sum H_{1,tot}$ .

Результаты предварительного гидравлического расчета подающих трубопроводов сведены в табл. 2.1.

Примечание. Поскольку диаметры трубопроводов подключающих участков водоразборных приборов (участки 1, 2, 3) обычно принимают не более 15 мм, скорости воды на этих участках могут превышать рекомендованные выше 0,8–1,2 м/с.

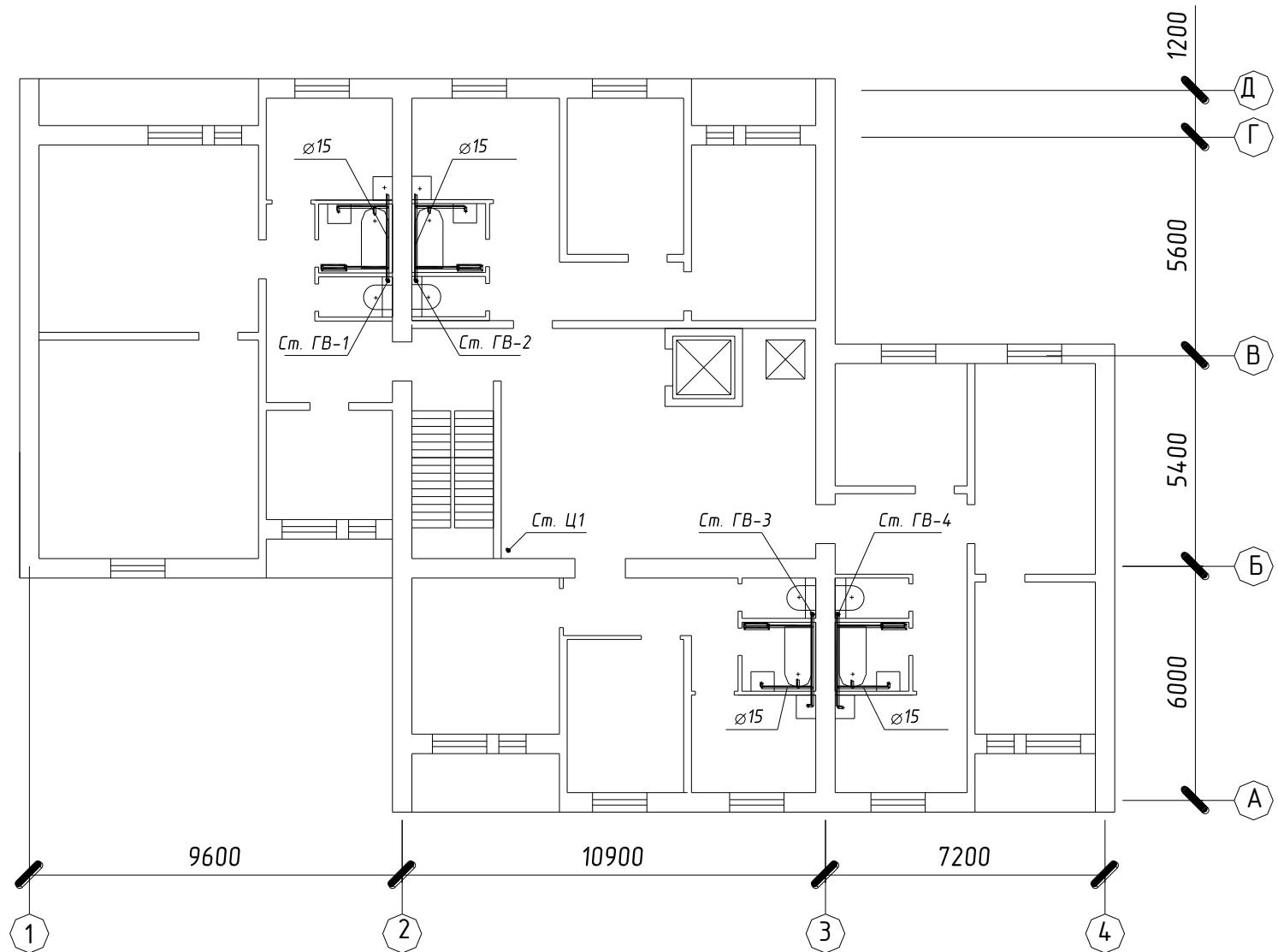


Рис. 2.1. План типовой секции здания

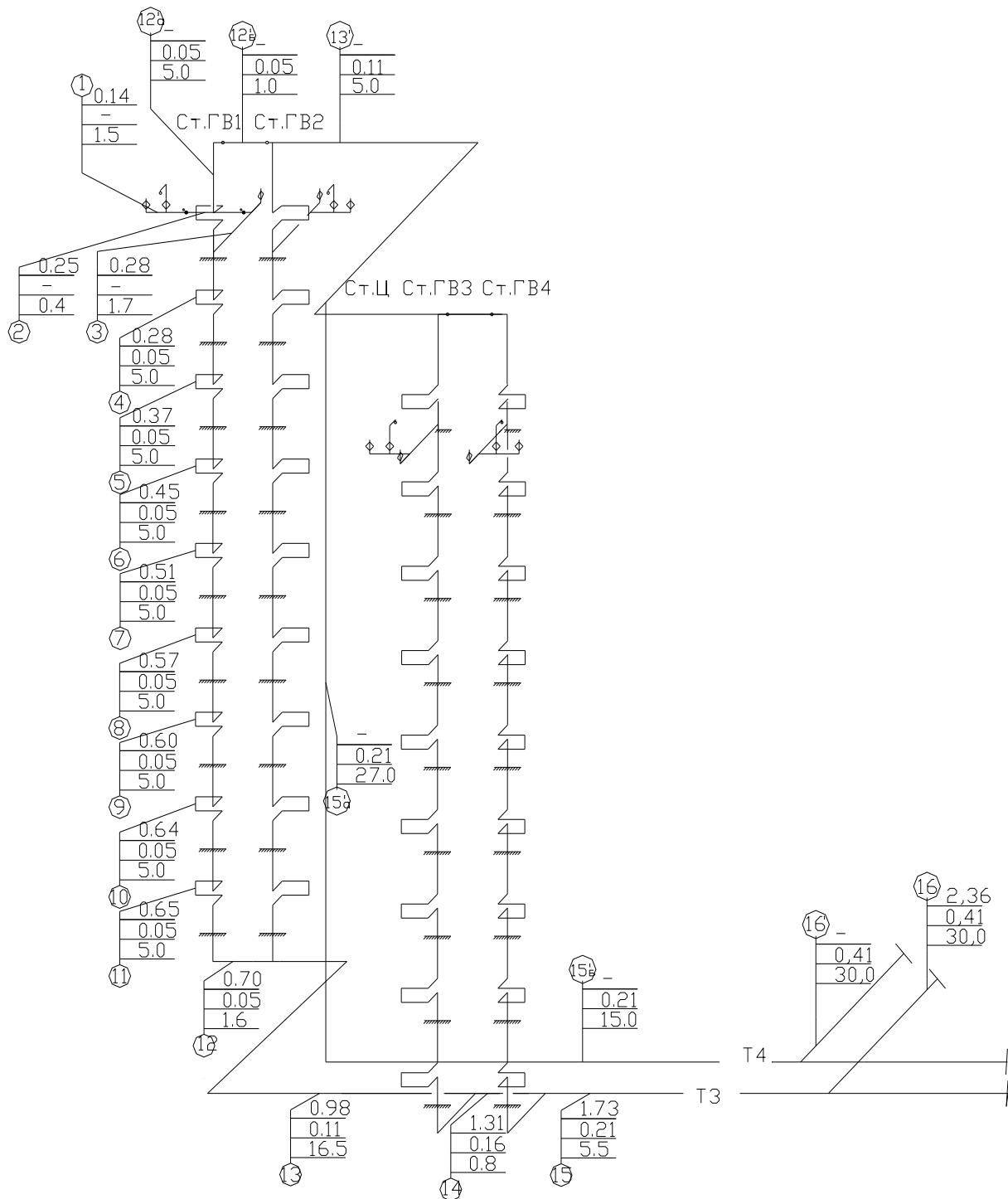


Рис. 2.2. Расчетная аксонометрическая схема системы горячего водоснабжения секции здания

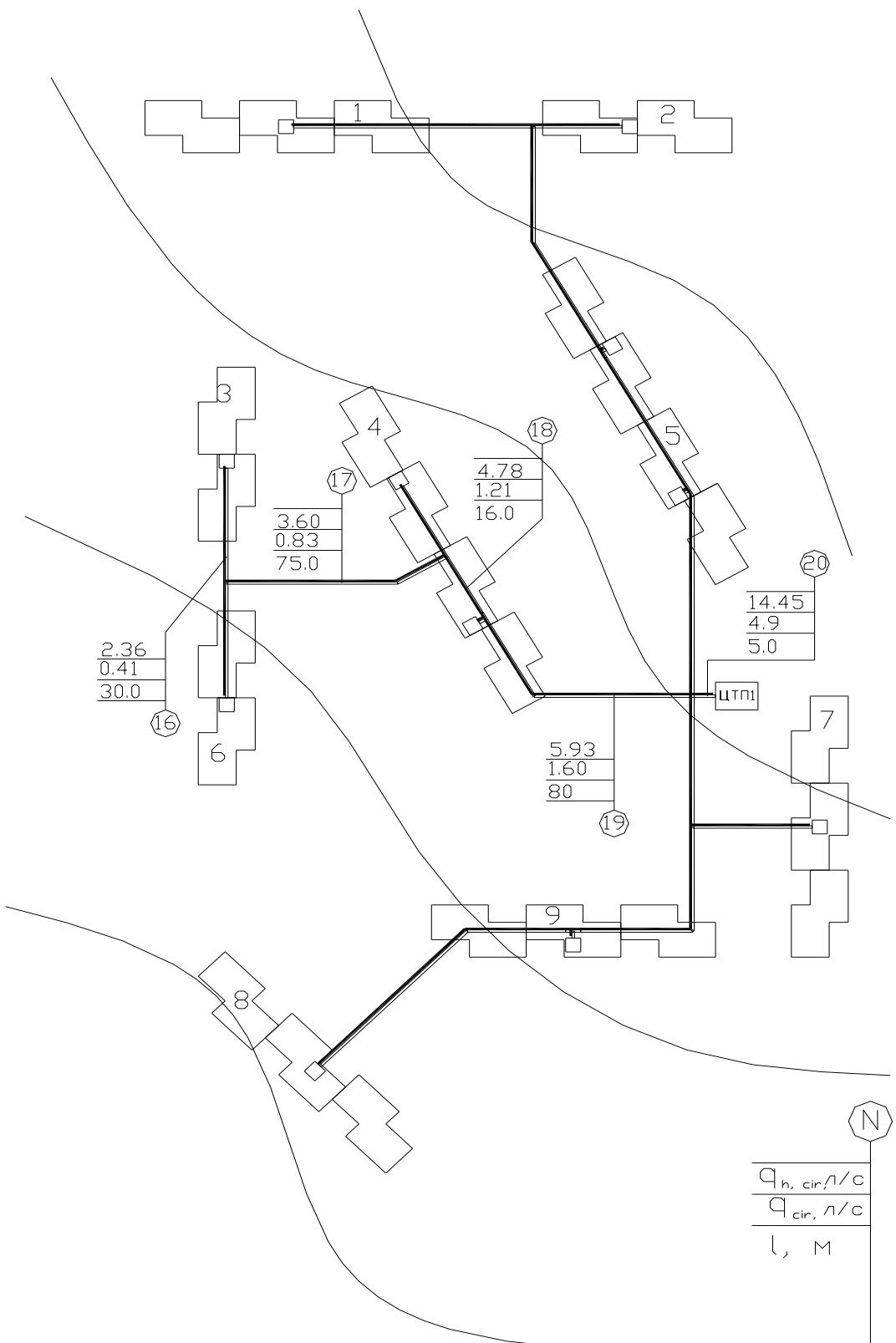


Рис. 2.3. Расчетная схема квартальной сети горячего водоснабжения микрорайона

Т а б л и ц а 2.1

*Гидравлический расчет подающей сети*

№ уч.	<i>l</i> , м	<i>N</i> , шт.	<i>NP</i>	$\alpha$	$q^h$ , л/с	<i>d</i> , мм	<i>w</i> , м/с	<i>i</i> , мм/м	<i>K</i> <sub>1</sub>	<i>H</i> <sub>1</sub> , мм	$\sum H_{1,tot}$ , мм
1	1,5	1	0,019	0,215	0,14	15	1,22	589	0,5	1 326	1 326
2	0,4	2	0,038	0,252	0,25	15	2,00	1718	0,5	1 031	2 357
.....											

## 2.3. ПОДБОР СЧЕТЧИКА ВОДЫ

Для определения диаметра условного прохода счетчика по формуле (1.5) определяется среднечасовой расход воды за сутки, м<sup>3</sup>/ч, который не должен превышать эксплуатационный, принимаемый по прил. 5:

$$q_T^h = \frac{q_u^h U}{1000 T} = \frac{120 \cdot 3822}{1000 \cdot 24} = 23,4 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $q_u^h$  – норма водопотребления горячей воды, принятая по табл. 1.1

120 л/(сут·чел.);

$U$  – количество жителей в микрорайоне, которое составляет

3 822 чел.;

$T$  – период работы системы горячего водоснабжения в сутки, принят

24 ч.

По прил. 5 принимаем счетчик с диаметром условного прохода 80 мм, имеющий эксплуатационный расход 36 м<sup>3</sup>/ч. По формуле (1.14) определяем потери давления в счетчике  $H_{\text{сч}}$ , м, при пропуске расчетного секундного расхода  $q^h$ :

$$H_{\text{сч}} = S(q^h)^2 = 0,00264(14,45)^2 = 0,55 \text{ м.}$$

Расчетные потери напора не превышают максимально допустимых для турбинных счетчиков 2,5 м. Принимаем данный счетчик к установке.

## 2.4. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

### И ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ РАСХОДОВ

В данном примере трубопроводы системы горячего водоснабжения (кроме полотенцесушителей и квартирных разводок) приняты теплоизолированными. Разность температур горячей воды в подающих трубопроводах системы от водоподогревателей ЦТП до наиболее удаленной водоразборной точки  $\Delta t$  принята равной 10 °C. Теплопотери на участках трубопроводов определяются по формуле (1.16).

При определении теплопотерь водоразборного стояка следует учитывать теплопотери примыкающей к стояку части верхней кольцающей перемычки (участок 12 а). Теплопотери полотенцесушителей приняты равными 150 Вт. При этом их длина из длины этажестояка вычитается.

В данном примере суммарные теплопотери нерасчетных водоразборных стояков приняты равными теплопотерям расчетного стояка 1 и составили 1 727 Вт на каждом.

Правая нерасчетная ветвь является симметричной по отношению к расчетной ветви. В соответствии с этим условием теплопотери правой ветви приняты равными теплопотерям левой расчетной ветви и составили 7 362 Вт. Для несимметричных нерасчетных ветвей их теплопотери  $\Sigma Q_{\text{н.в}}^{\text{ht}}$  могут быть приближенно определены по формуле

$$\Sigma Q_{\text{н.в}}^{\text{ht}} = \Sigma Q_{\text{п.в}}^{\text{ht}} \frac{n_{\text{н.в}}}{n_{\text{п.в}}}, \quad (2.1)$$

где  $\Sigma Q_{\text{п.в}}^{\text{ht}}$  – суммарные теплопотери расчетной ветви, Вт;

$n_{\text{п.в}}$  – количество водоразборных стояков на расчетной ветви, шт;

$n_{\text{н.в}}$  – количество водоразборных стояков на нерасчетной ветви, шт.

Теплопотери подающих трубопроводов остальных зданий приняты равными теплопотерям подающих трубопроводов здания № 3 и составили для каждой двух секций зданий 15 381 Вт. Суммарные теплопотери подающими трубопроводами системы горячего водоснабжения микрорайона составили 205 635 Вт ≈ 206 кВт.

После определения теплопотерь приступаем к расчету циркуляционных расходов. Общий циркуляционный расход системы на участке 20 от ЦТП составит

$$q_{\text{cir}}^{20} = \beta \frac{\Sigma Q_{20}^{\text{ht}}}{4,2 \Delta t} = 1,0 \frac{206}{4,2 \cdot 10} = 4,9 \text{ л/с.}$$

На остальных участках расчетной ветви циркуляционные расходы определяются пропорционально теплопотерям.

На участке 19:

$$q_{\text{cir}}^{19} = q_{\text{cir}}^{20} \frac{\Sigma Q_{19}^{\text{ht}}}{\Sigma Q_{20}^{\text{ht}} - Q_{20}^{\text{ht}}} = 4,9 \frac{66,9}{206 - 0,223} = 1,6 \text{ л/с.}$$

На участке 18:

$$q_{\text{cir}}^{18} = q_{\text{cir}}^{19} \frac{\Sigma Q_{18}^{\text{ht}}}{\Sigma Q_{19}^{\text{ht}} - Q_{19}^{\text{ht}}} = 1,6 \frac{48,8}{66,9 - 2,84} = 1,21 \text{ л/с.}$$

Аналогично определяются циркуляционные расходы на других участках. Следует учитывать, что расчет циркуляционных расходов выполняется при условии отсутствия водоразбора. Поэтому циркуляционный расход на всех участках водоразборного стояка Ст.ГВ1 одинаков (в данном примере 0,05 л/с). Расчет теплопотерь и циркуляционных расходов сведен в табл. 2.2. Величины циркуляционных расходов должны быть указаны на соответствующих участках расчетной схемы. После определения циркуляционных расходов необходимо согласно формуле (1.1) определить расчетные расходы горячей воды  $q^{\text{h,cir}}$  на начальных участках системы до первого водоразборного стояка (участки 20, 19, 18, 17, 16). Для указанных участков по прил. 14 в зависимости от отношения расходов  $q^{\text{h}} / q^{\text{cir}}$  определяем величину коэффициента  $K_{\text{cir}}$ . Для всех указанных участков величина отношения  $q^{\text{h}} / q^{\text{cir}} > 2,1$ , соответственно для них  $K_{\text{cir}} = 0$ . Поэтому на указанных участках циркуляционные расходы  $q^{\text{cir}}$  при выполнении гидравлического расчета подающего трубопровода не учитываются. На основании этого выполненный ранее

предварительный гидравлический расчет подающей сети по секундным расходам  $q^h$  (табл. 2.1) принимаем как окончательный.

Таблица 2.2

*Расчет тепловых потерь и циркуляционных расходов*

№ участка	Длина $l$ , м	Диаметр $d$ , мм	Потери теплоты, Вт			Циркуляционный расход $q^{cir}$ , л/с	$K_{cir}$
			Удельные $q$	На участке $Q^{ht}$	Суммарные $\Sigma Q^{ht}$		
12'б	1,0	20	11,6	12	12	0,05	0
12'a	5,0	20	12,6	188	199	0,05	0
4	3,0	20	12,6	188	387	0,05	0
5, 6, 7	9,0	25	12,6	563	951	0,05	0
.....							

## 2.5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОЛЬЦА

Расчетное циркуляционное кольцо состоит из участков подающего трубопровода (от ЦТП до участка 4) и участков циркуляционного трубопровода (от участка 12'a до ЦТП). Сначала определяют потери напора и скорости движения воды на участках подающего трубопровода при пропуске циркуляционных расходов  $q^{cir}$  для принятых в режиме водоразбора диаметров трубопровода. Затем выполняют гидравлический расчет участков циркуляционного трубопровода. Учитывая невысокий напор насосов типа К, рекомендуемых в качестве циркуляционных насосов в системах ГВС, следует стремиться к тому, чтобы суммарные потери давления в циркуляционном трубопроводе не превышали 0,12–0,15 МПа. Поэтому при подборе диаметров участков циркуляционного трубопровода следует ограничиваться скоростью воды до 0,5–0,7 м/с.

Результаты гидравлического расчета циркуляционного кольца сведены в табл. 2.3. Потери напора (давления) в подающем трубопроводе при пропуске циркуляционного расхода  $H_{\text{п}}^{\text{cir}}$  составили 0,745 м (0,00745 МПа), потери напора (давления) в циркуляционном трубопроводе  $H_{\text{ц}}^{\text{cir}}$  составили 10,3 м (0,103 МПа). Потери напора (давления) в секционном водоразборном узле № 1, включающем участки 15, 14, 13, 12, 11, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 12', 13', 15'a, 15'b составили 5,123 м (0,051 МПа) (находятся в пределах 0,03–0,06 МПа), что соответствует требованиям [1].

При несоответствии потерь напора в секционном водоразборном узле указанным выше требованиям их величину следует корректировать, изменяя диаметры кольцающей перемычки и циркуляционного стояка. Возможно также применение составного (состоящего из двух частей с различными диаметрами) циркуляционного стояка.

Т а б л и ц а 2.3

*Гидравлический расчет циркуляционного кольца*

№ уч-ка	$l$ , м	$q^{\text{cir}}$ , л/с	$d$ , мм	$w$ , м/с	$i$ , мм/м	$K_1$	$H_1$ , мм	$\sum H_{\text{l,tot}}$ , мм
20	5,0	4,90	125	0,4	2,2	0,2	13	13
19	80,0	1,60	90	0,26	1,6	0,2	154	167
18	16,0	1,21	80	0,26	4,1	0,2	79	246
.....								

**2.6. ТЕПЛОВОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ****Исходные данные**

1. Регулирование отпуска теплоты в системе централизованного теплоснабжения принято центральное качественное по совмещеннной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (повышенный график регулирования).
2. Температура теплоносителя (греющей воды) в тепловой сети в соответствии с принятым для данной системы теплоснабжения графиком изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха принята: при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления  $t_0 = -20$  °C:

- в подающем трубопроводе  $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$ ;
- в обратном трубопроводе  $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ ;

в точке излома графика:

- в подающем трубопроводе  $\tau_1^{\text{н}} = 80^\circ\text{C}$ ;
- в обратном трубопроводе  $\tau_2^{\text{н}} = 40^\circ\text{C}$ .

3. Температура холодной водопроводной (нагреваемой) воды в отопительный период, поступающей в водоподогреватель I ступени,  $t^c = 5^\circ\text{C}$ . Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из II ступени водоподогревателя,  $t^h = 60^\circ\text{C}$ .
4. Максимальный расчетный секундный расход воды на горячее водоснабжение  $q^h = 7,23 \text{ л/с}$  (для одного потока).

### 2.6.2. Пример расчета пластинчатого водоподогревателя

Выбрать и рассчитать водоподогревательную установку пластинчатого теплообменника, собранного из пластин 0,5Пр, для системы горячего водоснабжения.

Определяется вероятность использования приборов по формуле (1.4)

$$P_{\text{hr}} = \frac{3600 P}{q_{0,\text{hr}}^h} = \frac{3600 \cdot 0,019 \cdot 0,2}{200} = 0,068.$$

Максимальный часовой расход горячей воды по формуле (1.3)

$$q_{\text{hr}}^h = 0,005 q_{0,\text{hr}}^h \alpha_{\text{hr}} = 0,005 \cdot 200 \cdot 46,4 = 46,4 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $\alpha_{\text{hr}} = 46,4$  (определяется по прил. 4 в зависимости от произведения  $NP_{\text{hr}}$ ),  $NP_{\text{hr}} = 2808 \cdot 0,068 = 191$ .

Расчетный максимальный тепловой поток на ГВС по формуле (1.9)

$$Q_{\text{hr}}^h = 1,16 q_{\text{hr}}^h (55 - t^c) + Q^{\text{ht}} = 1,16 \cdot 46,4 (55 - 5) + 206 = 2904 \text{ кВт}.$$

Максимальный тепловой поток на отопление микрорайона по формуле (1.18)

$$Q_{\text{omax}} = q_o A = 73 \cdot 64 \cdot 650 = 4720 \text{ kBT.}$$

Соотношение тепловых потоков составит

$$\rho = \frac{Q_{\text{hr}}^{\text{h}}}{Q_{\text{o max}}} = \frac{2\,904}{4\,720} = 0,62.$$

Это соответствует выбору двухступенчатой смешанной схемы включения водоподогревателей. Расчетная схема присоединения водоподогревателей приведена на рис. 2.4.

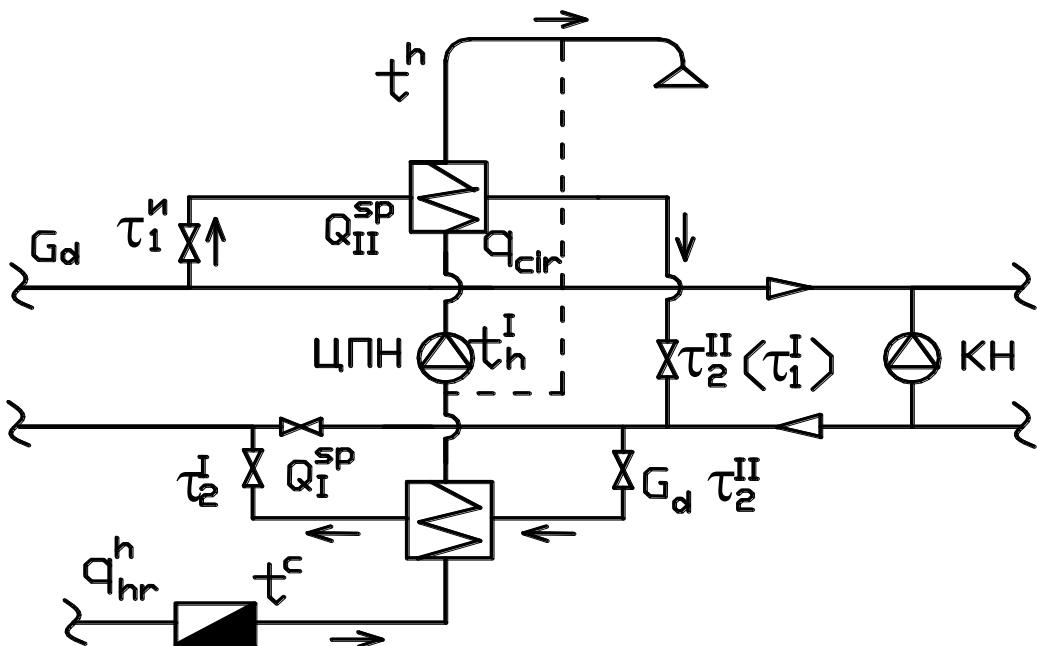


Рис. 2.4. Расчетная двухступенчатая смешанная схема присоединения водоподогревателей одного потока

При расчетной производительности одного потока 50 % от суммарной нагрузки, принимаются для одного потока следующие данные:

$$q_{\text{hr}}^{\text{h}} = 23,4 \cdot 10^3 \text{ кг/ч} ; \quad Q_{\text{hr}}^{\text{h}} = 1495 \text{ кВт} ; \quad Q_{\text{o max}} = 2360 \text{ кВт}.$$

Определяется максимальный расход сетевой воды на отопление,

кг/ч,

$$G_{\text{do}} = \frac{3,6Q_{\text{o max}}}{c(\tau_1 - \tau_2)}; \quad (2.2)$$

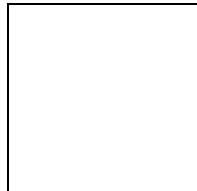
$$G_{\text{do}} = \frac{3,6 \cdot 2,36 \cdot 10^3}{4,2(150 - 70)} = 25,2 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

Максимальный расход греющей воды на горячее водоснабжение, кг/ч,

$$G_{\text{dh max}} = \frac{3,6 \cdot 0,55 Q_{\text{hr}}^{\text{h}}}{c(\tau_1^{\text{u}} - \tau_2^{\text{u}})}; \quad (2.3)$$

$$G_{\text{dh max}} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot 1,49 \cdot 10^6}{4,2(80 - 40)} = 17,7 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

При ограничении максимального расхода сетевой воды на ЦТП в качестве расчетного принимается больший из двух расходов, полученных по пп. 6, 7:



$$G_d = G_{\text{do}} = 25,2 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

Температура нагреваемой воды за водоподогревателем I ступени, °C,

$$t_h^I = \tau_2^{\text{u}} - 5; \quad (2.4)$$

$$t_h^I = 40 - 5 = 35 \text{ °C.}$$

Расчетная производительность водоподогревателя I ступени, Вт,

$$Q_h^{\text{SPI}} = \frac{q_{\text{hr}}^{\text{h}} (t_h^I - t^{\text{c}}) c}{3,6}; \quad (2.5)$$

$$Q_h^{\text{SPI}} = \frac{23,4 \cdot 10^3 (35 - 5) 4,2}{3,6} = 0,82 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Расчетная производительность водоподогревателя II ступени, Вт,

$$Q_h^{\text{SII}} = Q_{\text{hr}}^{\text{h}} - Q_h^{\text{SPI}}; \quad (2.6)$$

$$Q_h^{\text{SII}} = 1,49 \cdot 10^6 - 0,82 \cdot 10^6 = 0,67 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя II ступени  $\tau_2^{\text{II}}$  и на входе в водоподогреватель I ступени  $\tau_1^{\text{I}}$ , °C,

$$\tau_2^{\text{II}} = \tau_1^{\text{I}} = \tau_1^{\text{u}} - \frac{3,6 Q_{\text{h}}^{\text{SPII}}}{c G_{\text{d}}}; \quad (2.7)$$

$$\tau_2^{\text{II}} = \tau_1^{\text{I}} = 80 - \frac{3,6 \cdot 0,67 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 25,2 \cdot 10^3} = 57 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя I ступени  $\tau_2^{\text{I}}$ , °C,

$$\tau_2^{\text{I}} = \tau_1^{\text{u}} - \frac{3,6 Q_{\text{hr}}^{\text{h}}}{c G_{\text{d}}}; \quad (2.8)$$

$$\tau_2^{\text{I}} = 80 - \frac{3,6 \cdot 1,49 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 25,2 \cdot 10^3} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

При расчете пластинчатого водоподогревателя оптимальная скорость принимается исходя из получения в установке таких же потерь давления по нагреваемой воде, как при применении кожухотрубного водоподогревателя – 100–150 кПа, что соответствует оптимальной скорости воды в каналах  $W_{\text{опт}} = 0,4 \text{ м/с}$ .

Выбирается тип пластины 0,5Пр, по оптимальной скорости находится требуемое количество каналов по нагреваемой воде

$$m_{\text{h}} = \frac{q_{\text{hr}}^{\text{h}}}{W_{\text{опт}} f_{\text{k}} \rho 3600}, \quad (2.22)$$

где  $f_{\text{k}}$  – живое сечение одного межпластинчатого канала ( $f_{\text{k}} = 0,00285 \text{ м}^2$ ).

По оптимальной скорости нагреваемой воды ( $W_{\text{h}} = 0,4 \text{ м/с}$ ) определяется требуемое число каналов

$$m_{\text{H}} = \frac{23,4 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 0,00285 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 5,7.$$

Округляется расчетное количество каналов до целого числа ( $m_{\text{H}}$  принимается равным 6). Компоновка водоподогревателя принимается симметричной, т. е.  $m_{\text{ГР}} = m_{\text{H}}$

Определяется общее живое сечение каналов в пакете по ходу греющей и нагреваемой воды,  $\text{м}^2$ ,

$$f_{\text{ГР}} = f_{\text{H}} = m_{\text{H}} f_{\text{K}} \quad (2.23)$$

$$f_{\text{ГР}} = f_{\text{H}} = 6 \cdot 0,00285 = 0,017 \text{ м}^2$$

Находятся фактические скорости греющей  $W_{\text{ГР}}$  и нагреваемой  $W_{\text{H}}$  воды,  $\text{м}/\text{с}$ ,

$$W_{\text{ГР}} = \frac{G_d}{3600 f_{\text{ГР}} \rho}; \quad (2.24)$$

$$W_{\text{ГР}} = \frac{25,2 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,017 \cdot 10^3} = 0,41 \text{ м}/\text{с}.$$

$$W_{\text{H}} = \frac{q_{\text{hr}}^{\text{h}}}{3600 f_{\text{H}} \rho} \quad (2.25)$$

$$W_{\text{H}} = \frac{23,4 \cdot 10^3}{3600 \cdot 0,017 \cdot 10^3} = 0,38 \text{ м}/\text{с}.$$

Расчет водоподогревателя I ступени

Средняя температура греющей воды,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$$t_{\text{cp}}^{\text{ГР}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{ГР}} + t_{\text{вых}}^{\text{ГР}}}{2} = \frac{\tau_2^{\text{II}} + \tau_2^{\text{I}}}{2}; \quad (2.13)$$

$$t_{\text{cp}}^{\text{ГР}} = \frac{57 + 30}{2} = 43,5 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Средняя температура нагреваемой воды,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$$t_{\text{cp}}^{\text{H}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{H}} + t_{\text{вых}}^{\text{H}}}{2} = \frac{t^{\text{c}} + t_{\text{h}}^{'}}{2}; \quad (2.14)$$

$$t_{\text{cp}}^{\text{H}} = \frac{5 + 35}{2} = 20 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для I ступени водоподогревателя,  $^\circ\text{C}$

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{I}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}, \quad (2.9)$$

в данном примере  $\Delta t_6 = \tau_2^{\text{I}} - t^{\text{c}}$ ;  $\Delta t_m = \tau_2^{\text{II}} - t_{\text{h}}^{'}$ ;

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{I}} = \frac{(30 - 5) - (57 - 35)}{2,3 \lg \frac{25}{22}} = 23,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

a) Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$ ,  $\text{Bt}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , от греющей воды к стенке пластины

$$\alpha_1 = 1,16 A \left[ 23000 + 283 t_{\text{cp}}^{\text{rp}} - 0,63(t_{\text{cp}}^{\text{rp}})^2 \right] W_{\text{rp}}^{0,73}, \quad (2.26)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от типа пластин, принимается по прил. 9 ( $A = 0,492$ );  $t_{\text{cp}}^{\text{rp}} = 43,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot 0,492 \left( 23000 + 283 \cdot 43,5 - 0,63 \cdot 43,5^2 \right) 0,41^{0,73} = 10156 \text{ } \text{Bt}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

б) Коэффициент тепловосприятия  $\alpha_2$ ,  $\text{Bt}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , от стенки пластины к нагреваемой воде

$$\alpha_2 = 1,16 A \left[ 23000 + 283 t_{\text{cp}}^{\text{H}} - 0,63(t_{\text{cp}}^{\text{H}})^2 \right] W_{\text{h}}^{0,73}, \quad (2.27)$$

где  $t_{cp}^h = 20^\circ\text{C}$

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot 0,492 (23\,000 + 283 \cdot 20 - 0,63 \cdot 20^2) 0,38^{0,73} = 8\,000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C}).$$

в) Коэффициент теплопередачи  $K_1$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ,

$$K_1 = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ct}}{\lambda_{ct}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2.28)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,70–0,85.

Коэффициент теплопередачи при  $\beta = 0,8$  равен

$$K_1 = \frac{0,8}{\frac{1}{10\,156} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{8\,000}} = 2\,797 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

г) При заданной величине расчетной производительности

$Q_h^{\text{SPI}} = 0,82 \cdot 10^6 \text{ Вт}$  и по полученным значениям коэффициента теплопередачи  $K_1$  и температурного напора  $\Delta t_{cp}^I = 23,4^\circ\text{C}$  определяется необходимая поверхность нагрева первой ступени

$$F^I = \frac{Q_h^{\text{SPI}}}{K_1 \Delta t_{cp}^I}. \quad (2.29)$$

Требуемая поверхность нагрева водоподогревателя I ступени равна

$$F^I = \frac{0,82 \cdot 10^6}{2797 \cdot 23,4} = 12,5 \text{ м}^2.$$

д) Количество ходов в теплообменнике  $X_I$  определяется по формуле

$$X_I = \frac{F_{\text{tp}} + f_{\text{пл}}}{2m f_{\text{пл}}}, \quad (2.30)$$

где  $f_{\text{пл}}$  – поверхность нагрева одной пластины,  $\text{м}^2$ .

Количество ходов составит

$$X_I = \frac{12,5 + 0,5}{2 \cdot 6 \cdot 0,5} = 2,17 \text{ шт.}$$

Число ходов округляется до целой величины. Принимается три хода.

е) Действительная поверхность нагрева всего водоподогревателя

первой ступени  $F^I$ ,  $\text{м}^2$ , определяется по формуле

$$F^I = (2m X_I - 1) f_{\text{пл}} ; \quad (2.31)$$

$$F^I = (2 \cdot 6 \cdot 3 - 1) 0,5 = 17,5 \text{ м}^2.$$

ж) Потери давления  $\Delta P$ , кПа, в водоподогревателях определяются в

первой ступени по формулам:

для греющей воды

$$\Delta P_{\text{рп}}^I = \varphi B (33 - 0,08 t_{\text{cp}}^{\text{рп}}) W_{\text{рп}}^{1,75} X_I, \quad (2.32)$$

для нагреваемой воды

$$\Delta P_{\text{h}}^I = \varphi B (33 - 0,08 t_{\text{cp}}^{\text{h}}) W_{\text{h}}^{1,75} X_I, \quad (2.33)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать  $\varphi = 1,5-2,0$ ;

$B$  – коэффициент, зависящий от типа пластины, принимается по табл. 9.2 прил. 9 ( $B = 3$ );

$W_{\text{рп}}$  – определяемая по формуле (2.24) скорость греющей воды;

$W_h$  – определяемая по формуле (2.25) скорость нагреваемой воды, но при условии прохождения максимального секундного расхода  $g_h = 7,23$  л/с

$$W_h = \frac{g_h}{m_h f_k \rho} = \frac{7,23}{6 \cdot 0,00285 \cdot 1000} = 0,42 \text{ м/с.}$$

Потери давления в первой ступени по нагреваемой воде при значениях  $\varphi = 1,5$  и  $B = 3$  составят

$$\Delta P_h^I = 1,5 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 20) 0,42^{1,75} \cdot 3 = 93 \text{ кПа.}$$

Потери давления I ступени водоподогревателя по греющей воде при  $\varphi = 1$  и  $B = 3$  составят

$$\Delta P_{rp}^I = 1 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 43,5) 0,41^{1,75} \cdot 3 = 55,8 \text{ кПа.}$$

#### Расчет водоподогревателя II ступени

В соответствии с методикой расчета двухступенчатой смешанной схемы включения водоподогревателей с ограничением расхода, согласно указаниям [2], во второй ступени водоподогревателя суммарные сечения каналов, значения скоростей греющей и нагреваемой воды будут аналогичны соответствующим значениям этих параметров из расчета водоподогревателя первой ступени.

Средняя температура греющей воды (формула (2.13))

$$t_{cp}^{rp} = \frac{t_{bx}^{rp} + t_{vykh}^{rp}}{2} = \frac{\tau_1^u + \tau_2^l}{2} = \frac{80 + 57}{2} = 68,5 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Средняя температура нагреваемой воды (формула (2.14))

$$t_{cp}^h = \frac{t_{bx}^h + t_{vykh}^h}{2} = \frac{t_h' + t^h}{2} = \frac{35 + 60}{2} = 47,5 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для II ступени водоподогревателя (формула 2.9). В данном примере

$$\Delta t_m = \tau_2^{\text{II}} - t_h^{\text{I}}; \Delta t_m = \tau_1^{\text{II}} - t^{\text{h}};$$

$$\Delta t_{\text{cp}}^{\text{II}} = \frac{(57 - 35) - (80 - 60)}{2,3 \lg \frac{22}{20}} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

а) Коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  от греющей воды к стенке пластины ( $t_{\text{cp}}^{\text{rp}} = 68,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) определяется по формуле (2.26)

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1,16 A \left[ 23000 + 283 t_{\text{cp}}^{\text{rp}} - 0,63 (t_{\text{cp}}^{\text{rp}})^2 \right] W_{\text{rp}}^{0,73} = \\ &= 1,16 \cdot 0,492 (23000 + 283 \cdot 68,5 - 0,63 \cdot 68,5^2) 0,41^{0,73} = 11701 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C}); \end{aligned}$$

б) коэффициент тепловосприятия от пластины к нагреваемой воде

$\alpha_2$  (при  $t_{\text{cp}}^{\text{H}} = 47,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) определяется по формуле (2.27)

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= 1,16 A \left[ 23000 + 283 t_{\text{cp}}^{\text{H}} - 0,63 (t_{\text{cp}}^{\text{H}})^2 \right] W_{\text{H}}^{0,73} = \\ &= 1,16 \cdot 0,492 (23000 + 283 \cdot 47,5 - 0,63 \cdot 47,5^2) 0,38^{0,73} = 9863 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C}); \end{aligned}$$

в) коэффициент теплопередачи  $K_{\text{II}}$ , при  $\beta = 0,8$  определяется по формуле (2.28)

$$\begin{aligned} K_{\text{II}} &= \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ct}}}{\lambda_{\text{ct}}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \\ &= \frac{0,8}{\frac{1}{11701} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{9863}} = 3214 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C}); \end{aligned}$$

г) требуемая поверхность нагрева водоподогревателя II ступени ( $\Delta t_{\text{cp}}^{\text{II}} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) определяется по формуле (2.29)

$$F^{\text{II}} = \frac{Q_{\text{h}}^{\text{SPII}}}{K_{\text{II}} \Delta t_{\text{cp}}^{\text{II}}} = \frac{0,67 \cdot 10^6}{3214 \cdot 21} = 10,1 \text{ м}^2;$$

д) количество ходов (или пакетов) при разделении на одноходовые теплообменники определяется по формуле (2.30)

$$X_{\text{II}} = \frac{F_{\text{tp}} + f_{\text{пл}}}{2m f_{\text{пл}}} = \frac{10,1 + 0,5}{2 \cdot 6 \cdot 0,5} = 1,77 \text{ шт.};$$

принимается 2 хода;

е) действительная поверхность нагрева водоподогревателя II ступени определяется по формуле (2.31)

$$F^{\text{II}} = (2m X_{\text{II}} - 1) f_{\text{пл}} = (2 \cdot 6 \cdot 2 - 1) 0,5 = 11,5 \text{ м}^2;$$

ж) потери давления II ступени водоподогревателя по греющей воде  $\Delta P_{\text{rp}}^{\text{II}}$  определяются по формуле (2.32)

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{rp}}^{\text{II}} &= \varphi B (33 - 0,08 t_{\text{cp}}^{\text{rp}}) W_{\text{rp}}^{1,75} X_{\text{II}} = \\ &= 1 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 68,5) 0,41^{1,75} \cdot 2 = 34,7 \text{ кПа}; \end{aligned}$$

з) потери давления второй ступени водоподогревателя по нагреваемой воде  $\Delta P_{\text{h}}^{\text{II}}$  при  $\varphi = 1,5$  и пропуске максимального секундного расхода воды на горячее водоснабжение определяются по формуле (2.33)

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{h}}^{\text{II}} &= \varphi B (33 - 0,08 t_{\text{cp}}^{\text{h}}) W_{\text{h}}^{1,75} X_{\text{II}} = \\ &= 1,5 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 47,5) 0,42^{1,75} \cdot 2 = 57,6 \text{ кПа}; \end{aligned}$$

и) суммарные потери давления (напора) по нагреваемой воде при пропуске максимального секундного расхода на горячее водоснабжение составили

$$\Delta P_{\text{h}} = \Delta P_{\text{h}}^{\text{I}} + \Delta P_{\text{h}}^{\text{II}} = 93 + 57,6 = 150,6 \text{ кПа} = (15,06 \text{ м})$$

В результате расчета в качестве водоподогревателя горячего водоснабжения принимаются два теплообменника (I и II ступени) с пластинами типа 0,5Пр, толщиной 0,8 мм, из стали 12Х18Н1ОТ (исполнение 01), на двухпорной раме (исполнение 2К), с уплотнительными прокладками из резины марки 359 (условное обозначение 10). Поверхность нагрева I ступени  $11,5 \text{ м}^2$ , II ступени –  $11,5 \text{ м}^2$ . Схема компоновки I ступени

$$C_x = \frac{6+6+6}{6+6+6};$$

схема компоновки II ступени

$$C_x = \frac{6+6}{6+6}.$$

Условное обозначение теплообменников, указываемое в бланке заказов будет:

$$\text{I ступени: } 0,5\text{Пр}-0,8-71,4-2\text{К}-01-10 \quad C_x = \frac{6+6+6}{6+6+6};$$

$$\text{II ступени } 0,5\text{Пр}-0,8-47,4-2\text{К}-01-10 \quad C_x = \frac{6+6}{6+6}.$$

## 2.7. ПОДБОР НАСОСОВ

Для определения назначения насосов по формуле (1.19) предварительно находится требуемый напор городского водопровода на вводе в ЦПП в режиме максимального водоразбора при пропуске расчетного секундного расхода

$$\begin{aligned} H_{\text{треб}} &= H_{\text{геом}} + \sum H_{\text{l,tot}} + H_{\text{сч}} + H_{\text{в-ль}} + H_{\text{p}} = \\ &= 25 + 26,3 + 0,47 + 15,06 + 3 = 69,85 \text{ м.} \end{aligned}$$

В данном примере  $H_{\text{геом}}$  принят 25 м, остальные слагаемые определены по результатам расчета и в соответствии с рекомендациями [1]. Требуемый напор  $H_{\text{треб}}$  превышает величину гарантированного напора водопровода  $H_g$ :

$$H_{\text{треб}} - H_g = 69,85 - 50 = 19,85 \text{ м.}$$

В соответствии с этим условием следует устанавливать циркуляционно-повысительный насос.

Подача циркуляционно-повысительного насоса в режиме максимального водоразбора для одного потока должна быть не менее половины расчетного секундного расхода воды в системе:

$$G_{p,cir} = 0,5 q^{h,cir} = 0,5 \cdot 14,46 = 7,23 \text{ л/с (26 м}^3/\text{ч}).$$

Напор насоса должен компенсировать недостачу напора  $H_{\text{треб}} - H_g = 19,85$  м. В режиме циркуляции подача циркуляционно-повысительного насоса для одного потока должна быть не менее величины, определяемой для одного потока, и равной сумме циркуляционного расхода и частичного водоразбора:

$$G_{p,cir} = q^{cir} + x q^h = 2,45 + 0,5 \cdot 7,23 = 6,1 \text{ л/с (21,8 м}^3/\text{ч}).$$

Напор циркуляционно-повысительного насоса в режиме циркуляции определяется по формуле (1.25)

$$H_{p,cir} = H_{\Pi}^{cir} \left( \frac{q^{cir} + x q^h}{q^{cir}} \right)^2 + H_{\Pi_{\text{в-ль}}}^{cir,x} + H_{\Pi}^{cir},$$

где  $H_{\Pi}^{cir}$  – потери напора в подающем трубопроводе при пропуске суммы

циркуляционного расхода и частичного водоразбора

$$(H_{\Pi}^{cir} = 0,745 \text{ м, см. табл. 2.3});$$

$H_{\Pi}^{cir}$  – потери напора в циркуляционном трубопроводе при пропуске

$$\text{циркуляционного расхода } (H_{\Pi}^{cir} = 10,314 \text{ м, см. табл. 2.3});$$

$H_{\Pi_{\text{в-ль}}}^{cir,x}$  – потери напора во второй ступени водоподогревателя при

пропуске суммы циркуляционного расхода и частичного водоразбора для одного потока.

Для расчета  $H_{\text{ПВ-ЛВ}}^{\text{cir,x}}$  определяется скорость нагреваемой воды:

$$W_H = \frac{q^{\text{cir}} + xq_h}{m_2 f 1000} = \frac{2,45 + 0,5 \cdot 7,23}{6 \cdot 0,00285 \cdot 1000} = 0,36 \text{ м/с.}$$

Потери давления (напора) во второй ступени водоподогревателя при данной скорости составят

$$\Delta P_2 = 1,5 \cdot 3(33 - 0,08 \cdot 47,5)0,36^{1,75} \cdot 2 = 44 \text{ кПа } (H_{\text{ПВ-ЛВ}}^{\text{cir,x}} = 4,4 \text{ м}).$$

Напор циркуляционно-повысительного насоса составит

$$H_{\text{p,cir}} = 0,745 \left( \frac{4,9 + 0,5 \cdot 14,46}{4,9} \right)^2 + 4,4 + 10,314 = 19,3 \text{ м.}$$

Циркуляционно-повысительный насос должен обеспечить требуемый напор и подачу как в режиме водоразбора, так и в режиме циркуляции. Поэтому напор насоса должен быть не менее 19,85 м, а подача – не менее 26 м<sup>3</sup>/ч.

По прил. 8 принимается насос 2К-6а, имеющий напор 20 м, подачу 30 м<sup>3</sup>/ч, мощность двигателя 2,8 кВт, диаметр рабочего колеса 148 мм, число оборотов рабочего колеса 2 900 об/мин. Аналогичный рабочий насос устанавливается и для второго потока. Необходимо также предусмотреть установку дополнительного резервного насоса на случай выхода из строя одного из рабочих насосов. Принятый насос обеспечивает необходимые параметры как для режима циркуляции, так и для режима максимального водоразбора. В этом случае установки дополнительного повышительного насоса не требуется.

## 2.8. РАСЧЕТ ЕМКОСТИ БАКА-АККУМУЛЯТОРА

Выполнить расчет ёмкости бака-аккумулятора для системы горячего водоснабжения жилого микрорайона при условии непрерывной и равномерной в

течение суток производительности водонагревателей  $Q^{\text{sp}}$ , равной среднечасовому за сутки наибольшего водопотребления расходу теплоты на горячее водоснабжение  $Q_T^h$ .

### Исходные данные

- Среднечасовой за сутки наибольшего водопотребления расход теплоты на горячее водоснабжение  $Q_T^h = 1\,563 \text{ кВт}$ ;
- Расчетный максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение  $Q_{\text{hr}}^h = 2\,990 \text{ кВт}$ ;
- Температура горячей воды  $t^h = 55^\circ\text{C}$ ;
- Температура холодной воды  $t^c = 5^\circ\text{C}$ ;
- Расчетный период работы системы ГВС  $T = 24 \text{ ч}$ .

### Порядок расчета

Определяется по формуле (1.29) коэффициент часовой неравномерности теплопотребления  $K_{\text{hr}}^{\text{ht}}$  за сутки максимального потребления горячей воды

$$K_{\text{hr}}^{\text{ht}} = \frac{Q_{\text{hr}}^h}{Q^{\text{sp}}} = \frac{2\,990}{1\,563} = 1,91,$$

где  $Q^{\text{sp}}$  – расчетная мощность водонагревателя, кВт, равная, в соответствии с исходными данными, среднечасовому за сутки наибольшего водопотребления расходу теплоты на горячее водоснабжение  $Q_T^h$ .

По формуле (1.31) определяется относительная величина регулирующего объема

$$\varphi = (K_{\text{hr}}^{\text{ht}} - 1) \left( \frac{1}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}} \right)^{\frac{K_{\text{hr}}^{\text{ht}}}{K_{\text{hr}}^{\text{ht}} - 1}} = (1,91 - 1) \left( \frac{1}{1,91} \right)^{\frac{1,91}{1,91 - 1}} = 0,23.$$

Регулирующий объем емкости бака-аккумулятора при мощности водонагревателя, не обеспечивающего максимального часового потребления теплоты, определяется по формуле (1.27):

$$W = \frac{\varphi T Q_T^h}{1,16(55-t^c)} = \frac{0,23 \cdot 24 \cdot 1563}{1,16(55-5)} = 148,7 \text{ м}^3 \approx 150 \text{ м}^3.$$

Согласно рекомендациям [1] принимаются к установке 2 бака по 50 % расчетной ёмкости (по 75 м<sup>3</sup>) каждый.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

*Основные буквенные обозначения*

$q_0^h$  – расход горячей воды, л/с, санитарно-техническим прибором

(арматурой), принимаемый по прил. 2;

$q^h$  – максимальный расчетный расход горячей воды, л/с;

$q_{0,hr}^h$  – расход горячей воды, л/ч, санитарно-техническим прибором,

принимаемый согласно прил. 3;

$q_{hr,u}^h$  – норма расхода горячей воды, л, потребителем в час наиболь-

шего водопотребления, принимаемая согласно прил. 3;

$q_{hr}^h$  – максимальный часовой расход горячей воды, м<sup>3</sup>;

$q_t^h$  – средний часовой расход горячей воды, м<sup>3</sup>;

$q^{cir}$  – расчетный циркуляционный расход горячей воды в системе, л/с;

$q^{h,cir}$  – расчетный расход горячей воды с учетом циркуляционного, л/с;

$q_u^h$  – норма расхода горячей воды, л, потребителем в сутки (смену)

наибольшего водопотребления;

$q_{u,m}^h$  – норма расхода горячей воды в средние сутки, л;

$q^{sp}$  – расход воды, подаваемой насосами;

$Q_{hr}^{sp}$  – часовой расход воды, м<sup>3</sup>, подаваемой насосом;

$U$  – число водопотребителей;

$N$  – число санитарно-технических приборов;

$i$  – удельные потери напора на трение при расчетном расходе, определяемые по таблицам для гидравлического расчета систем холодного водоснабжения, для систем горячего водоснабжения с учетом застарания по рекомендуемому прил. 6;

$P$  – вероятность действия санитарно-технических приборов;

$P_{hr}$  – вероятность использования санитарно-технических приборов (возможность подачи прибором нормированного часового расхода воды)

в течение расчетного часа в зданиях или сооружениях с одинаковыми водопотребителями;

$T$  – расчетное время, ч, потребления воды (сутки, смена);

$H_p$  – напор, м, развиваемый насосной установкой;

$H_{geom}$  – геометрическая высота подачи воды, м, от оси насоса до требуемого санитарно-технического прибора;

$H_l$  – потери напора, м, на расчетном участке трубопровода;

$H_{l,tot}$  – сумма потерь напора на расчетном участке трубопровода;

$H_f$  – свободный напор, м, у санитарно-технического прибора, принимающий согласно обязательному прил. 2;

$H_g$  – наименьший гарантированный напор в наружной водопроводной сети;

$H_{ep}$  – избыточный напор, м, который следует погасить диафрагмой;

$Q_{hr}^h$  – тепловой поток, кВт, на нужды горячего водоснабжения в течение часа максимального водопотребления;

$Q_T^h$  – тепловой поток, кВт, на нужды горячего водоснабжения в течение среднего часа за сутки наибольшего водопотребления;

$Q_{Tm}^h$  – тепловой поток, кВт, на нужды горячего водоснабжения в течение среднего часа водопотребления;

$Q^{ht}$  – теплопотери на расчетном участке, кВт;

$w$  – скорость движения жидкости в трубопроводе, м/с;

$l$  – длина, м, расчетного участка трубопровода;

$k_l$  – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях;

$t^c$  – температура холодной воды, °С, в сети водопровода; при отсутствии данных ее следует принимать равной 5 °С;

$\Delta t$  – разность температур горячей и холодной воды, °С;

$n$  – число включений насоса в 1 ч;

$n'$  – шероховатость трубопроводов;

$G_{dh}, G_{do}$  – расчетный расход сетевой (греющей) воды соответственно на горячее водоснабжение и отопление, кг/ч;

$G_{\text{D}}^{\text{SP}}$  – расчетный расход сетевой (греющей) воды через водоподогреватель, кг/ч;

$F$  – поверхность нагрева водоподогревателя,  $\text{м}^2$ ;

$t_o$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t'_{\text{н}}$  – температура наружного воздуха в точке излома графика температур,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t^c$  – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается  $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ;

$t^h$  – температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения потребителей на выходе из водоподогревателя при одноступенчатой схеме включения водоподогревателей или после II ступени водоподогревателя при двухступенчатой схеме,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{cp}}^{\text{rp}}$  – средняя температура греющей воды между температурой на

входе  $t_{\text{вх}}^{\text{rp}}$  и на выходе  $t_{\text{вых}}^{\text{rp}}$  из водоподогревателя,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{cp}}^h$  – то же, нагреваемой воды между температурой на входе  $t_{\text{вх}}^h$  и на

выходе  $t_{\text{вых}}^h$  из водоподогревателя,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_h^I$  – температура нагреваемой воды после I ступени водоподогревателя при двухступенчатой схеме присоединения водоподогревателей,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta t_{\text{cp}}$  – температурный напор или расчетная (среднелогарифмическая) разность температур между греющей и нагреваемой средой,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\Delta t_6, \Delta t_m$  – соответственно большая и меньшая разности температур между греющей и нагреваемой водой на входе или на выходе из водоподогревателя,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_1$  – температура сетевой (греющей) воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха

$t_o, ^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_{01}$  – то же, в подающем трубопроводе системы отопления,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_2$  – то же, в обратном трубопроводе тепловой сети и после системы

отопления зданий, °C;

$\tau'_1$  – температура сетевой (греющей) воды в подающем трубопроводе тепловой сети, в точке излома температурного графика, °C;

$\tau'_2$  – то же, в обратном трубопроводе тепловой сети и после систем отопления зданий, °C;

$\tau'_3$  – то же, после водоподогревателя горячего водоснабжения, подключенного к тепловой сети по одноступенчатой схеме, рекомендуется принимать  $\tau'_3 = 30$  °C;

$\rho$  – плотность воды при средней температуре  $t_{\text{ср}}$ , кг/м<sup>3</sup>, ориентировочно принимается равной 1 000 кг/м<sup>3</sup>;

$K$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup> · °C);

$\alpha_1$  – коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке трубы, Вт/(м<sup>2</sup> · °C);

$\alpha_2$  – то же, от стенки трубы к нагреваемой воде, Вт/(м<sup>2</sup> · °C);

$\lambda_{\text{ст}}$  – теплопроводность стенки трубы, Вт/(м · °C), принимается равной: для нержавеющей стали 16 Вт/(м · °C), для латуни 105 Вт/(м · °C);

$\lambda_{\text{нак}}$  – то же, слоя накипи, принимается равной 2,3 Вт/(м · °C);

$W_{\text{тр}}$  – скорость воды в трубах, м/с;

$W_{\text{мтр}}$  – скорость воды в межтрубном пространстве, м/с;

$f_{\text{тр}}$  – площадь сечения трубок в одном ходу водоподогревателя, м<sup>2</sup>;

$f_{\text{мтр}}$  – площадь сечения межтрубного пространства секционного водоподогревателя, м<sup>2</sup>;

$\delta_{\text{ст}}$  – толщина стенки трубок, м;

$\delta_{\text{нак}}$  – толщина слоя накипи, м, принимается на основании эксплуатационных данных с учетом качества воды, при отсутствии данных допускается принимать равной 0,0005 м;

$D_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр корпуса водоподогревателя, м;

$d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр трубок, м;

$d_{\text{нар}}$  – наружный диаметр трубок, м;

$d_{\text{экв}}$  – эквивалентный диаметр межтрубного пространства, м;

$\psi$  – коэффициент эффективности теплообмена;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий загрязнение поверхности трубок при определении коэффициента теплопередачи водоподогревателя;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий накипеобразование на трубках водоподогревателя при определении потерь давления в водоподогревателе.

