

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**для курсового проектирования по дисциплине**

**“Теплоснабжение” на тему**

**“Горячее водоснабжение жилого дома”**

**для студентов специальности 1-70 04 02**

**«Теплогазоснабжение, вентиляция**

**и охрана воздушного бассейна»**

Брест 2014

УДК 697.34.001

Настоящие методические указания для выполнения курсовой работы по горячему водоснабжению многоквартирного жилого дома составлены в соответствии с программой курса "Теплоснабжение" для студентов специальности 1-70 04 02 "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна".

В работе использованы действующие нормативные документы, изложены объем работы и последовательность выполнения курсового проекта, основные методики расчетов, примеры расчетов.

Составители: В.Г. Новосельцев, к.т.н., доцент  
Д.В. Новосельцева, старший преподаватель

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Исходные данные и состав курсового проекта .....	4
2. Выбор системы ГВС и ее конструирование .....	4
3. Определение расчётных расходов воды и теплоты .....	7
4. Гидравлический расчет подающих теплопроводов .....	8
5. Определение потерь теплоты подающими теплопроводами .....	10
6. Определение циркуляционных расходов воды .....	12
7. Корректировка гидравлического расчёта подающих теплопроводов .....	12
8. Гидравлический расчёт циркуляционных теплопроводов .....	13
9. Подбор счетчика воды, теплообменника, насосного оборудования .....	14
10. Пример расчета системы ГВС .....	15
Литература .....	25
Приложения .....	26

# 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В курсовой работе требуется разработать закрытую систему горячего водоснабжения (далее ГВС) жилого дома. Нагрев воды для системы осуществляется в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) с использованием теплоносителя тепловых сетей.

Исходными данными в задании на курсовую работу являются: план типового этажа, этажность здания, высота этажа, гарантийный напор холодной водопроводной воды на вводе в ИТП.

В состав курсовой работы входит пояснительная записка (20-25 страниц) и графическая часть (1 лист формата А1). Пояснительная записка включает следующие разделы:

титальный лист, задание с исходными данными, реферат, введение, содержание;

1. Выбор системы ГВС и ее конструирование;
2. Определение расчетных расходов воды и теплоты;
3. Гидравлический расчет подающих теплопроводов системы ГВС;
4. Определение потерь теплоты теплопроводами;
5. Определение циркуляционных расходов воды;
6. Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов;
7. Проектирование теплового пункта и подбор его оборудования (циркуляционного (при необходимости и повысительного) насоса, счетчика воды, теплообменника);
8. Список использованной литературы.

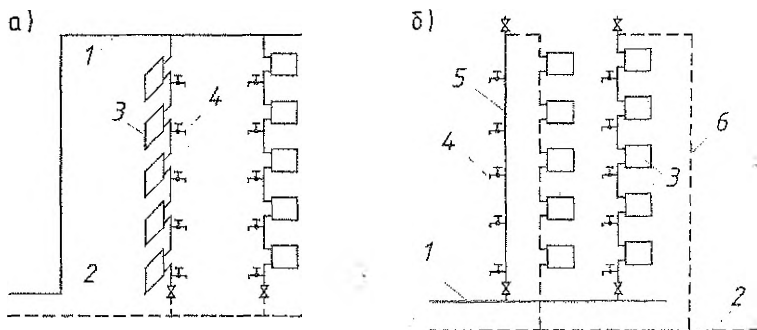
Графическая часть содержит:

- 1) планы типового этажа здания, подвала, чердака, с нанесением элементов системы ГВС в масштабе 1:100;
- 2) аксонометрическую схему теплопроводов системы ГВС с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, расходов воды и уклонов, с установкой запорной и водоразборной арматуры, устройств для выпуска воздуха и воды;
- 3) план и разрез ИТП.

## 2. ВЫБОР СИСТЕМЫ ГВС И ЕЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ

В курсовой работе необходимо обосновать выбор схемы внутридомовой системы ГВС исходя из конструктивных особенностей здания, планировочных решений помещений кухни, ванной и санузла, их взаимного расположения. Принципиальные схемы систем горячего водоснабжения представлены на рис. 2.1, 2.2.

В соответствии с требованиями [1] при проектировании систем централизованного внутреннего горячего водоснабжения необходимо предусматривать циркуляцию горячей воды в водоразборных (подающих) трубопроводах.



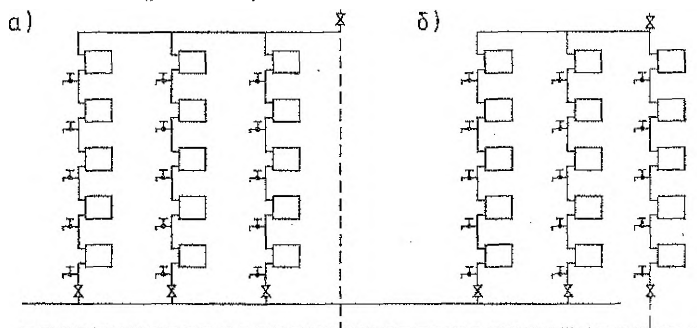
1 – подающая магистраль; 2 – циркуляционная магистраль; 3 – полотенцесушитель;  
4 – водоразборный кран; 5 – водоразборный стояк; 6 – циркуляционный стояк

**Рисунок 2.1 – Принципиальные схемы горячего водоснабжения с верхней (а) и нижней (б) разводкой**

Система с верхней разводкой, представленная на рис. 2.1, а, меньше по металлоемкости, имеет больший напор естественной циркуляции. Ее применяют при наличии в зданиях верхнего технического этажа или чердака. Циркуляционную магистраль прокладывают в подвалах или в подпольных каналах.

При наличии в здании подвала предпочитают нижнюю разводку как более удобная для эксплуатационного обслуживания системы.

В системе с нижней разводкой, представленной на рис. 2.1, б, полотенцесушители могут располагаться как на водоразборном, так и на циркуляционном стояке. Эта схема характеризуется большей металлоемкостью. В целях снижения металлоемкости в жилых зданиях высотой свыше четырех этажей и зданиях большой протяженности (жилые здания более пяти секций) к циркуляционному стояку присоединяют несколько (от 3 до 7) подающих [1] стояков, как показано на рис. 2.2, а. Также возможна схема с водоразборно-циркуляционным стояком (рис. 2.2, б).



**Рисунок 2.2 – Посекционно закольцованные стояки: с дополнительным циркуляционным стояком (а); с водоразборно-циркуляционным стояком (б)**

Допускается не закольцовывать водоразборные стояки при протяженности кольцуемой переемычки, превышающей суммарную протяженность циркуляционных стояков.

С целью удаления воздуха и спуска воды из системы ГВС горизонтальные теплопроводы прокладываются с уклоном не менее 0,002, при этом циркуляционный теплопровод располагают параллельно подающему.

ИТП рекомендуется размещать как можно ближе к середине здания, это положительно сказывается на увязке отдельных ветвей системы ГВС при гидравлическом расчете теплопроводов и на гидравлическом режиме системы в целом.

Стояки располагают в специальных нишах санитарно-технических блоков или в штрабах в капитальных стенах санузлов. Горизонтальную разводку теплопроводов от стояков к водоразборным приборам осуществляют на высоте 200 мм от пола открытым способом с уклоном 0,002-0,005.

В квартирах в зависимости от планировки устанавливается следующая водоразборная арматура: в ванной комнате – смеситель для ванны и смеситель для умывальника (или комбинированный); на кухне – смеситель для мойки (раковины). В ванных комнатах устанавливаются полотенцесушители.

Для уменьшения потерь теплоты предусматривается изоляция подающих и циркуляционных теплопроводов, а также стояков, кроме подводов к водоразборным приборам. Выпуск воздуха из системы с нижней разводкой осуществляется через водоразборные приборы верхних этажей или через воздушные краны в верхней части подающих стояков. При верхней разводке теплопроводов выпуск воздуха ведут из верхних точек системы с помощью автоматических воздухоотводчиков. Для спуска воды из системы в нижней части трубопроводов устанавливают сливные патрубки с запорной арматурой.

Установку запорной арматуры в системах горячего водоснабжения следует предусматривать на трубопроводах холодной и горячей воды у водоподогревателей (теплообменников); на ответвлениях трубопроводов к секционным узлам водоразборных стояков; у основания подающих и циркуляционных стояков в зданиях высотой 3 этажа и более, на ответвлениях от стояков в каждую квартиру, на вводах в здания. Обратные клапаны устанавливают у водоподогревателя (теплообменника) на циркуляционном теплопроводе и на трубопроводе холодной воды.

Для учета расхода воды применяют счетчики расхода воды, которые устанавливают в закрытых системах теплоснабжения на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателем (теплообменником).

Для трубопроводов системы ГВС применяются полимерные (полипропиленовые и полиэтиленовые) и металлополимерные трубы, стальные трубы с внутренним и наружным защитным покрытием от коррозии (оцинкованные).

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ И ТЕПЛОТЫ

Вероятность действия санитарно-технических приборов системы ГВС определяется по формуле:

$$P^{hr} = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_0^h \cdot N \cdot 3600}, \quad (3.1)$$

где  $q_{hr,u}^h$  – норма расхода горячей воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, принимаемая по табл. 3.1;

$q_0^h$  – расход горячей воды водоразборным прибором, л/с, принимаемый по табл. 3.1;

$U$  – общее число потребителей горячей воды в жилом доме, чел., определяемое из условия, что в однокомнатной квартире живут 2 человека, в 2-комнатной – 3, в 3-комнатной – 4 и т. д.;

$N$  – количество водоразборных приборов в жилом доме, шт.

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

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr}, \quad (3.2)$$

где  $q_{0,hr}^h$  – расход горячей воды санитарно-техническим прибором, л/ч, принимаемый по табл. 3.1;

$\alpha_{hr}$  – коэффициент, определяемый по прил. В [1] (прил. 1 методических указаний), в зависимости от общего числа приборов  $N$  и вероятности их использования  $P_{hr}^h$ .

Вероятность использования санитарно-технических приборов для системы в целом определяется по формуле:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 P^{hr} \cdot q_0^h}{q_{0,hr}^h}. \quad (3.3)$$

Средний часовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч, за сутки максимального водопотребления определяется по формуле:

$$q_T^h = \frac{q_u^h \cdot U}{1000 \cdot T}, \quad (3.4)$$

где  $q_u^h$  – норма расхода горячей воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления, л/сут, принимаемая по табл. 3.1;

$T = 24$  ч – расчётное время потребления воды.

Тепловой поток за сутки максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) в кВт:

а) в течение среднего часа:

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h (55 - t^c) (1 + K^t); \quad (3.5)$$

б) в течение часа максимального потребления:

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot K^t) (55 - t^c), \quad (3.6)$$

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

$K^t$  – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубами, принимаемый по табл. 3.2.

Таблица 3.1 – Нормы расхода горячей воды одним жителем [1, прил. Б]

Водопотребители	в средние сутки $q_{и,т}^h$ , л/сут	в сутки наибольшего водопотребления $q_{и,п}^h$ , л/сут	в час наибольшего водопотребления $q_{hr,ч}^h$ , л/ч	расход воды прибором $q_0^h (q_0^h, hr)$ , л/с (л/ч)
Жилые дома квартирного типа с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	105	120	10	0,2 (200)

Таблица 3.2 – Значения  $K^t$  в зависимости от типа системы горячего водоснабжения (ГВС) и степени изоляции стояков [1, прил. Г.4]

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

## 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОДАЮЩИХ ТЕПЛОПРОВОДОВ

Задачей гидравлического расчета является определение диаметров теплопроводов и потерь напора в системе. К гидравлическому расчету приступают после вычерчивания аксонометрической схемы подающих теплопроводов системы ГВС.

Гидравлический расчет систем ГВС следует производить на расчетный расход горячей воды с учетом циркуляционного  $q^{h,cir}$ , л/с, [1]. На данном этапе проектирования значения циркуляционных расходов воды неизвестны, по-



этому гидравлический расчёт подающих трубопроводов внутридомовой системы производят без учёта циркуляционных расходов. Впоследствии, определив циркуляционные расходы, выполняют корректировку гидравлического расчёта систем горячего водоснабжения.

Расчет теплопроводов производят последовательно, в направлении от самого удаленного и требующего наибольшего рабочего напора водоразборного прибора (диктующего) до водоподогревателя (теплообменника), по этому же принципу нумеруют расчетные участки. Расчетным участком называют отрезок теплопровода между двумя ответвлениями, на протяжении которого не изменяется расход воды и диаметр.

При присоединении к водоразборному стояку полотенцесушителей по проточной схеме, без короткозамыкающих участков, в расчетную длину участка стояка при гидравлическом расчете включают длину трубопроводов полотенцесушителей.

Максимальный расчетный расход горячей воды на участке сети  $q^h$ , л/с, определяют по формуле:

$$q^h = 5q_0^h \cdot \alpha, \quad (4.1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, определяемый в зависимости от общего числа приборов  $N$  и вероятности их действия  $P^h$  по прил. 1 методических указаний.

Значение  $q_0^h$  для участка, который обеспечивает горячей водой однотипные приборы, определяют по табл. 4.1. В случае если расчетный участок обеспечивает горячей водой различные приборы – по табл. 3.1.

Таблица 4.1 – Расход горячей воды санитарными приборами [1, прил. А]

Санитарные приборы	Секундный расход воды	Часовой расход воды
	$q_0^h$ , л/с	$q_{0,hr}^h$ , л/ч
Умывальник со смесителем	0,09	40
Мойка со смесителем	0,09	60
Ванна со смесителем	0,18	200

Условный диаметр расчётного участка подбирается по таблицам для расчета трубопроводов холодной воды в зависимости от расхода и скорости воды с учетом зарастания труб накипью (зарастание учитывается только для закрытых систем ГВС) и, вследствие этого, уменьшения диаметров. Скорость воды в системах водоснабжения должна быть в пределах 0,3-3,0 м/с [1, п. 8.3.7]. Как правило, скорости движения воды в магистральных и стояках принимают до 1,5-2 м/с, в подводках к санитарным приборам не более 2,5 м/с. Наиболее экономичны пределы скоростей 0,7 ÷ 1,5 м/с (для полимерных трубопроводов экономичные пределы скоростей могут отличаться от приведенных и должны приниматься по рекомендациям производителей).

Потери напора, м, на участках трубопроводов систем горячего водоснабжения следует определять по формуле:

$$H = i \cdot l \cdot (1 + k_l) \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

где  $i$  – удельные потери напора, мм/м, принимаемые для закрытых систем горячего водоснабжения с учётом зарастания трубопроводов (для стальных трубопроводов по таблице прил. 2 методических указаний или номограмме прил. 3);

$l$  – длина участка трубы, 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 для трубопроводов водоразборных и циркуляционных стояков с полотенцесушителями; 0,1 – для трубопроводов водоразборных и циркуляционных стояков без полотенцесушителей [1].

Гидравлический расчет сводят в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Гидравлический расчёт подающих трубопроводов

№ расчётного участка	Общее число приборов на расчётном участке $N$ , шт.	Вероятность действия Р	NR <sup>h</sup>	Коэффициент $\alpha$	Расчётный расход $q^h$ , л/с	Условный диаметр трубопровода $D_y$ , мм	Скорость воды $v$ , м/с	Длина участка $l$ , м	Удельные потери напора $i$ , мм/м	Коэффициент $k_l$	Потери напора на участке $H_y$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Разность потерь напора по двум расчётным направлениям (от точки разветвления) через наиболее удаленный водоразборный стояк и ближайший водоразборный стояк здания относительно его теплового ввода не должна превышать 10%. Увязку производят изменением диаметров труб на отдельных участках.

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОДАЮЩИМИ ТЕПЛОПРОВОДАМИ

Потери теплоты подающими теплопроводами и полотенцесушителями системы горячего водоснабжения определяют с целью нахождения циркуляционного расхода воды, который предназначен для восполнения этих потерь.

Удельные теплотопотери подающими теплопроводами, Вт/м, определяются по формуле:

$$q^{ht} = 3,14 \cdot d_n \cdot k \cdot (t_m^h - t_0) \cdot (1 - \eta), \quad (5.1)$$

где  $d_n$  – наружный диаметр теплопровода, м, (для стальных трубопроводов по таблице прил. 2 методических указаний);

$k=11,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$  – коэффициент теплопередачи неизолированного стального теплопровода, [2, с.289];

$t_m^h = 0,5 \cdot (t_n^h + t_k^h)$  – средняя температура воды в системе горячего водоснабжения, °С;

$t_n^h$  и  $t_k^h$  – соответственно температуры горячей воды на выходе из водоподогревателя и у самого удаленного водоразборного прибора, °С, принимаемые равными 60 и 50°С [1, п.5.4 и п 9.3.2];

$t_0$  – температура окружающей среды, принимают в зависимости от места прокладки теплопровода: в подвале +5°С; на чердаке +10°С; в кухнях, туалетах +21°С; в ваннных комнатах +25°С; в каналах, шахтах +23°С, [2, с.289];

$\eta = 0,6 - 0,8$  – КПД тепловой изоляции.

Потери теплоты, Вт, на расчетном участке:

$$Q^{ht} = q^{ht} \cdot l, \quad (5.2)$$

где  $l$  – длина расчетного участка, м.

Потери теплоты полотенцесушителями, Вт:

$$Q_n = 100 \cdot n, \quad (5.3)$$

где 100 – средняя теплоотдача одного полотенцесушителя, Вт;

$n$  – количество полотенцесушителей на стояке.

По результатам расчёта определяют суммарные потери теплоты трубопроводами и полотенцесушителями жилого здания  $Q^{ht}$ .

Расчет потерь теплоты сводят в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Определение потерь теплоты подающими теплопроводами

№ участка	Условный диаметр теплопровода $D_y$ , мм	Наружный диаметр теплопровода $d_n$ , мм	Длина участка $l$ , м	Температура окружающей среды $t_0$ , °С	$t_m^h - t_0$ , °С	$1 - \eta$	Удельные теплопотери $q^{ht}$ , Вт/м	Потери теплоты стояков $Q_n^h$ , Вт	Потери теплоты полотенцесушителями $Q_n$ , Вт	Суммарные теплопотери стояков и полотенцесушителей $\Sigma Q_n^h$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Циркуляционный расход воды в системе ГВС определяют при условии отсутствия водоразбора, исходя из теплотерь и остывания горячей воды в теплопроводах от водоподогревателя (теплообменника) до наиболее удаленной водоразборной точки.

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе [1, п. 9.3.2]:

$$q^{cir} = \beta \cdot \frac{\Sigma Q^{th}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \Delta t}, \quad (6.1)$$

где  $\beta = 1$  – коэффициент разрегулировки циркуляции [1, п. 9.3.2];

$\Sigma Q^{th}$  – суммарные теплотери всеми подающими теплопроводами системы, включая все полотенцесушители, Вт;

$\Delta t$  – разность температур в подающих теплопроводах системы от водоподогревателя до наиболее удаленной водоразборной точки [1, п. 9.3.2].

Распределение циркуляционного расхода воды по отдельным участкам и стоякам системы проводят пропорционально потерям теплоты в них методом экстраполяции [2, с. 294].

## 7. КОРРЕКТИРОВКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПОДАЮЩИХ ТЕПЛОПРОВОДОВ

Определив циркуляционные расходы воды  $q^{cir}$  на отдельных участках сети ГВС, уточняют расчётные значения расходов горячей воды с учетом циркуляционного  $q^{h,cir}$  на участках подающих трубопроводов внутридомовой системы до первого водоразборного стояка (по ходу движения воды) по формуле:

$$q^{h,cir} = q^h \cdot (1 + k_{cir}), \quad (7.1)$$

где  $k_{cir}$  – коэффициент, принимаемый для начальных участков систем до первого водоразборного стояка по табл. 7.1 [1, табл. Г.3].

Затем, исходя из  $q^{h,cir}$ , уточняют удельные потери давления и скорость движения воды на участках, которая не должна превышать 3 м/с. Если скорость движения воды превышает допустимое значение, то увеличивают диаметр участка. Корректировку гидравлического расчета для остальных участков не производят [2, с. 297].

Таблица 7.1 – Значения коэффициента  $k_{cir}$  для систем горячего водоснабжения

$\frac{q^h}{q^{cir}}$	$k_{cir}$	$\frac{q^h}{q^{cir}}$	$k_{cir}$
1,2	0,57	1,7	0,36
1,3	0,48	1,8	0,33
1,4	0,43	1,9	0,25
1,5	0,40	2,0	0,12
1,6	0,38	2,1 и более	0,00

## 8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ

Задачей гидравлического расчета является определение диаметров циркуляционных теплопроводов, потерь давления в них и в циркуляционных кольцах. Гидравлический расчет циркуляционных колец производится при условии отсутствии водоразбора и пропуска только циркуляционных расходов воды, при этом диаметры подающих теплопроводов уже определены в п. 4 и не изменяются, а определяются только диаметры циркуляционных теплопроводов.

Расчет производится аналогично расчету подающих теплопроводов. Диаметры циркуляционных теплопроводов рекомендуется принимать на 1-2 тилоразмера меньше диаметров соответствующих участков подающих теплопроводов.

В проекте производят увязку потерь напора циркуляционных колец (начиная от точек разветвления) через наиболее удаленный и ближайший стояки здания относительно ИТП. Разность потерь напора в циркуляционных кольцах допускается не более 10 %. При невозможности увязки потерь напора путем изменения диаметров теплопроводов на участках циркуляционной сети следует предусматривать установку регуляторов температуры или балансировочной арматуры у основания циркуляционных стояков [1, п. 9.3.6].

Расчет сводят в табл. 8.1

Таблица 8.1 – Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

№ участка	Длина участка $l$ , м	Циркуляционный расход воды $q^{cir}$ , л/с	Условный диаметр трубопровода $D_u$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Удельные потери напора $i$ , мм/м	Коэффициент $k_i$	Потери напора $H^{cir}$ , м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9

## 9. ПОДБОР СЧЕТЧИКА ВОДЫ, ТЕПЛООБМЕННИКА, НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В курсовой работе необходимо запроектировать тепловой пункт при независимом присоединении к тепловой сети через водоподогреватель (теплообменник).

Целью расчета водоподогревателя является выбор его типоразмера для обеспечения расчетной тепловой нагрузки. Расчет водоподогревателей следует выполнять по методикам производителей оборудования [3, п.7.1.4], а также с использованием компьютерных программ подбора.

Счетчик воды устанавливается на трубопроводе холодной воды в ИТП перед водоподогревателем.

Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за сутки, который не должен превышать эксплуатационный или номинальный расход, принимаемый по паспортным данным изготовителей. Потери напора в счетчиках при максимальном часовом расходе горячей воды следует определять по паспортным данным или графикам изготовителя. Для крыльчатых счетчиков они не должны превышать 5 м [1, п. 7.3].

Требуемый напор, м, для внутреннего горячего водопровода определяется по формуле:

$$H_{тр} = H_r + h_m + h_{св} + \sum h + H_{св} \quad (9.1)$$

где  $H_r$  – геометрическая высота подъема воды, определяемая как разность отметок высшей точки, на которую поднимается вода в подающем стояке при водоразборе и ввода холодного водопровода, м;

$H_{св}$  – свободный напор у диктующего водоразборного устройства, м, определяемый по приложению А [1]:  $H_{св}=3\text{м}$  – для смесителей ванн,  $H_{св}=2\text{м}$  – для смесителей моек и умывальников;

$h_t$  – потери напора в водоподогревателе, м;

$\sum h$  – потери напора в трубопроводах системы ГВС, м.

Полученную величину требуемого напора необходимо сравнить с величиной гарантийного напора  $H_{гар}$ .

При  $H_{тр} < H_{гар}$  требуется только циркуляционный насос.

При  $H_{тр} > H_{гар}$  требуется повысительный и циркуляционный насос.

Подбор циркуляционного насоса осуществляется по расчетной подаче, равной циркуляционному расходу воды в системе,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , и напору, м, определяемому по формуле:

$$H = h_m + h^{ср}$$

Для подбора циркуляционного и повысительного насосов необходимо воспользоваться каталогами изготовителей или компьютерными программами подбора.

## 10. ПРИМЕР РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ГВС

**ПРИМЕР.** Запроектировать закрытую систему ГВС жилого 5-этажного дома (рис 10.1). Применяемые трубопроводы – стальные. Нагрев воды для системы осуществляется в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) с использованием теплоносителя тепловых сетей с присоединением теплообменника по параллельной схеме. Гарантийный напор холодной водопроводной воды на вводе в ИТП – 22м.

### РЕШЕНИЕ.

#### Определение расчетных расходов воды и теплоты

Вероятность действия санитарно-технических приборов системы горячего водоснабжения:

$$P^h = \frac{q_{hr,n}^h \cdot U}{q_0^h \cdot N \cdot 3600} = \frac{10 \cdot 45}{0,2 \cdot 60 \cdot 3600} = 0,01$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов для системы в целом определяется по формуле:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 P^h \cdot q_0^h}{q_{0,hr}^h} = \frac{3600 \cdot 0,001 \cdot 0,2}{200} = 0,036$$

По значению  $N \cdot P_{hr}^h = 60 \cdot 0,036 = 2,16$  находим безразмерный коэффициент  $\alpha_{hr} = 1,5$  (прил. 1 методических указаний).

Средний часовой расход воды за сутки максимального водопотребления:

$$q_T^h = \frac{q_{vr}^h \cdot U}{1000 \cdot T} = \frac{120 \cdot 45}{1000 \cdot 24} = 0,225 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Максимальный часовой расход воды  $q_{hr}^h$  определяется по формуле:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr} = 0,005 \cdot 200 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Тепловой поток за сутки максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) в кВт:

а) в течение среднего часа

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h (55 - t^c) (1 + K') = 1,16 \cdot 0,225 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) = 15,7 \text{ кВт}$$

б) в течение часа максимального потребления

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot K') (55 - t^c) = 1,16 \cdot (1,5 + 0,225 \cdot 0,2) \cdot (55 - 5) = 89,6 \text{ кВт}$$

#### Гидравлический расчет подающих теплопроводов

Принимаем к проектированию систему с нижней разводкой по схеме, показанной на рис. 2.2а с дополнительным циркуляционным стояком. Расстановка стояков, магистралей показана на планах этажа, подвала и чердака (рис. 10.1 – 10.3)

Вычерчиваем аксонометрическую схему внутреннего водопровода (рис. 10.4, см. в конце) и приступаем к определению расчетных расходов. Для этого выбираем расчетное направление водопровода от диктующего водоразборного устройства –

смесителя для ванной на 5 этаже стояка СтТЗ-1, которое разбиваем на расчетные участки. Расчет подающих теплопроводов сводим в табл. 10.1. (Расчет произведен для стальных трубопроводов по таблице прил. 2 методических указаний или номограмме прил. 3);

Таблица 10.1 – Гидравлический расчёт подающих трубопроводов

№ расчетного участка	Общее число приборов на расчетном участке N, шт.	вероятность действия P	NP <sup>n</sup>	Коэффициент α	Расчётный расход q, л/с	Условный диаметр трубопровода D <sub>у</sub> , мм	Скорость воды v, м/с	Длина участка L, м	Удельные потери напора i, мм/м	Коэффициент K <sub>п</sub>	Потери напора на участке H, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СтТЗ-1											
1-2	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20	0,76	1	127,8	0,5	0,19
2-3	2	0,01	0,02	0,215	0,215	20	0,9	0,8	42,1	0,5	0,05
3-4	3	0,01	0,03	0,237	0,237	20	1	6,8	51	0,5	0,52
4-5	6	0,01	0,06	0,289	0,289	20	1,21	4,5	317,5	0,5	2,14
5-6	9	0,01	0,09	0,331	0,331	20	1,39	4,5	425,9	0,5	2,87
6-7	12	0,01	0,12	0,367	0,367	25	0,88	4,5	123,2	0,5	0,83
7-8	15	0,01	0,15	0,399	0,399	25	0,96	8,3	143,4	0,5	1,79
8-9	30	0,01	0,3	0,534	0,534	25	1,27	1	258,9	0,5	0,39
9-10	45	0,01	0,45	0,645	0,645	32	0,82	7	63,8	0,2	0,54
10-11	60	0,01	0,6	0,742	0,742	32	0,94	3	84,3	0,2	0,30
									Сумма	=	9,63
СтТЗ-2 (СтТЗ-3)											
12-13	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20	0,76	1	127,8	0,5	0,19
13-14	2	0,01	0,02	0,215	0,215	20	0,9	0,8	42,1	0,5	0,05
14-15	3	0,01	0,03	0,237	0,237	20	1	6,8	51	0,5	0,52
15-16	6	0,01	0,06	0,289	0,289	20	1,21	4,5	317,5	0,5	2,14
16-17	9	0,01	0,09	0,331	0,331	20	1,39	4,5	425,9	0,5	2,87
17-18	12	0,01	0,12	0,367	0,367	25	0,88	4,5	123,2	0,5	0,83
18-8	15	0,01	0,15	0,399	0,399	25	0,96	8	143,4	0,5	1,72
									Сумма	=	8,33
СтТЗ-4											
26-27	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20	0,76	1,8	127,8	0,5	0,35
27-28	2	0,01	0,02	0,215	0,215	20	0,9	0,1	42,1	0,5	0,01
28-29	3	0,01	0,03	0,237	0,237	20	1	6,7	51	0,5	0,51
29-30	6	0,01	0,06	0,289	0,289	20	1,21	4,5	317,5	0,5	2,14
30-31	9	0,01	0,09	0,331	0,331	20	1,39	4,5	425,9	0,5	2,87
31-32	12	0,01	0,12	0,367	0,367	25	0,88	4,5	123,2	0,5	0,83
32-10	15	0,01	0,15	0,399	0,399	25	0,96	8,3	143,4	0,5	1,79
									Сумма	=	8,5



Разность потерь напора по двум расчетным направлениям (от точки разветвления) через наиболее удаленный водоразборный стояк (9,63-0,3=9,33м) и ближайший водоразборный стояк здания (8,5м) относительно его теплового ввода не должна превышать 10% -  $100 \cdot (9,33-8,5)/9,33=8,9\%$ .

### Определение потерь теплоты подающими теплопроводами

Расчет потерь теплоты подающими теплопроводами сводим в табл. 10.2.

Таблица 10.2 – Определение потерь теплоты подающими теплопроводами

№ участка	Условный диаметр трубопровода $D_n$ , мм	Наружный диаметр трубопровода $d_n$ , мм	Длина участка $l$ , м	Температура окружающей среды $t_0$ , °C	$t_m^h - t_0$ , °C	$1 - \eta$	Удельные теплопотери $q$ , Вт/м	Потери теплоты стояков $Q_{st}^h$ , Вт	Потери теплоты полонесушителями $Q_{пн}$ , Вт	Суммарные теплопотери стояков и полонесушителей $\Sigma Q_{ст}^h$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
СтТ3-1										
1-2	20	26,8	1	21	34	1	33	33	0	33
2-3	20	26,8	0,8	21	34	1	33	27	0	27
3-4	20	26,8	5,3	21	34	1	33	176	100	276
4-5	20	26,8	3	21	34	0,2	7	20	100	120
5-6	20	26,8	3	21	34	0,2	7	20	100	120
6-7	25	33,5	3	21	34	0,2	8	25	100	125
7-8	25	33,5	6,8	5	50	0,2	12	83	100	183
8-9	25	33,5	1	5	50	0,2	12	12	0	12
9-10	32	42,3	7	5	50	0,2	15	108	0	108
10-11	32	42,3	3	5	50	0,2	15	46	0	46
									$\Sigma =$	1050
СтТ3-2 (СтТ3-3)										
12-13	20	26,8	1	21	34	1	33	33	0	33
13-14	20	26,8	0,8	21	34	1	33	27	0	27
14-15	20	26,8	5,3	21	34	1	33	176	100	276
15-16	20	26,8	3	21	34	0,2	7	20	100	120
16-17	20	26,8	3	21	34	0,2	7	20	100	120
17-18	25	33,5	3	21	34	0,2	8	25	100	125
18-8	25	33,5	6,5	5	50	0,2	12	79	100	179
									$\Sigma =$	880
СтТ3-4										
26-27	20	26,8	1,8	21	34	1	33	60	0	60
27-28	20	26,8	0,1	21	34	1	33	3	0	3
28-29	20	26,8	5,2	21	34	1	33	173	100	273
29-30	20	26,8	3	21	34	0,2	7	20	100	120
30-31	20	26,8	3	21	34	0,2	7	20	100	120
31-32	25	33,5	3	21	34	0,2	8	25	100	125
32-10	25	33,5	6,8	5	50	0,2	12	83	100	183
									$\Sigma =$	883

### Определение циркуляционных расходов воды

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе:

$$q^{cir} = \beta \frac{\Sigma Q^h}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \Delta t} = 1 \cdot \frac{1050 + 880 + 880 + 883}{4,2 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,088 \text{ л/с} = 0,32 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{Циркуляционный расход воды в стояке 1: } q_1^{cir} = 0,088 \cdot \frac{1050}{3693} = 0,025 \text{ л/с}$$

$$\text{Циркуляционный расход воды в стояках 2,3: } q_{2,3}^{cir} = 0,088 \cdot \frac{880}{3693} = 0,021 \text{ л/с}$$

$$\text{Циркуляционный расход воды в стояке 4: } q_4^{cir} = 0,088 \cdot \frac{883}{3693} = 0,021 \text{ л/с}$$

Проверка:  $0,025 + 0,021 \cdot 3 = 0,088 \text{ л/с}$  – невязка 0% (допустимо до 1%).

### Корректировка гидравлического расчёта подающих теплопроводов

Уточняем расчётные значения расходов горячей воды с учетом циркуляционного  $q^{h, cir}$  на участках подающих трубопроводов внутридомовой системы до первого водоразборного стояка (по ходу движения воды).

Значение коэффициента  $k_{cir}$  для систем горячего водоснабжения по табл. 7.1:

$$\frac{q^h}{q^{cir}} = \frac{0,742}{0,088} = 8,4 > 2,1 \quad k_{cir} = 0$$

Таким образом,  $q^{h, cir} = q^h = 0,742 \text{ л/с}$  – расчетный расход воды на участке 10-11 не изменяется, корректировка гидравлического расчета не требуется.

### Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов сводим в табл. 10.3. (Для примера использования номограммы расчет произведен по прил. 3)

Таблица 10.3 – Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ участка	Длина участка $l$ , м	Циркуляционный расход воды $q^{цир}$ , л/с	Условный диаметр трубопровода $D_y$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Удельные потери напора $i$ , мм/м	Коэффициент $k_f$	Потери напора $H_{цир}^{гид}$ , м	Примечание
1-2	1	0,025	20	0,12	2,5	0,5	0,004	подводящий трубопровод
2-3	0,8	0,025	20	0,12	2,5	0,5	0,003	
3-4	6,8	0,025	20	0,12	2,5	0,5	0,026	
4-5	4,5	0,025	20	0,12	2,5	0,5	0,017	
5-6	4,5	0,025	20	0,12	2,5	0,5	0,017	
6-7	4,5	0,025	25	-	0,6	0,5	0,004	
7-8	8,3	0,025	25	-	0,6	0,5	0,007	
8-9	1	0,046	25	0,1	1,80	0,5	0,003	
9-10	7	0,067	32	-	0,60	0,2	0,005	
10-11	3	0,088	32	0,1	1,00	0,2	0,004	
1 <sup>н</sup> -2 <sup>н</sup>	6,5	0,025	15	0,2	15,50	0,2	0,121	циркуляционный трубопровод
2 <sup>н</sup> -3 <sup>н</sup>	1	0,046	15	0,35	40,00	0,2	0,048	
3 <sup>н</sup> -4 <sup>н</sup>	0,7	0,067	15	0,45	60,00	0,2	0,050	
4 <sup>н</sup> -5 <sup>н</sup>	25,8	0,088	20	0,34	35,00	0,2	1,084	
Σ=						Σ=	1,392	
26-27	1,8	0,021	20	-	1,5	0,5	0,004	подводящий трубопровод
27-28	0,1	0,021	20	-	1,5	0,5	0,000	
28-29	6,7	0,021	20	-	1,5	0,5	0,015	
29-30	4,5	0,021	20	-	1,5	0,5	0,010	
30-31	4,5	0,021	20	-	1,5	0,5	0,010	
31-32	4,5	0,021	25	-	0,4	0,5	0,003	циркуляционный трубопровод
32-10	8,3	0,021	25	-	0,4	0,5	0,005	
10-11	3	0,088	32	0,1	1,00	0,2	0,004	
4 <sup>н</sup> -6 <sup>н</sup>	10,5	0,021	15	0,16	9,50	0,2	0,120	
4 <sup>н</sup> -5 <sup>н</sup>	25,8	0,088	20	0,34	35,00	0,2	1,084	
Σ=						Σ=	1,254	

Невязка  $(1,392-1,254)/1,392 \cdot 100=9,9\% < 10\%$

### Подбор счетчика воды, насосов и теплообменника

При среднечасовом расходе воды  $0,225\text{ м}^3/\text{ч}$  принимаем крыльчатый счетчик «Струмень» js-3,5 диаметром 25мм номинальным расходом  $3,5\text{ м}^3/\text{ч}$ , потери давления при максимальном расходе  $0,742\text{ л/с}=2,67\text{ м}^3/\text{ч}$  по графику изготовителя составляют  $9\text{ кПа}=0,9\text{ м}$ , что не превышает  $5\text{ м}$ .

Принимаем к проектированию спиралетрубчатый теплообменник фирмы «БУГ-ЭНЕРГО» (Брест, Беларусь). Для его подбора воспользуемся компьютерной программой подбора CAIRO.

При тепловой мощности  $89,6\text{ кВт}$ , температура сетевой воды на входе в водоподогреватель -  $65\text{ }^\circ\text{C}$ , температура сетевой воды на выходе из водоподогревателя -  $40\text{ }^\circ\text{C}$ , температура холодной воды на входе в водоподогреватель -  $5\text{ }^\circ\text{C}$ , температура горячей воды на выходе из водоподогревателя -  $60\text{ }^\circ\text{C}$ . Подбираем теплообменник марки БУГ-ХК6.50.10 с потерями напора по нагреваемой части  $0,2\text{ кПа}=0,02\text{ м}$ .

Требуемый напор для внутреннего горячего водопровода:

$$H_{\text{тр}} = 14,7 + 0,02 + 0,09 + 9,63 + 3 = 27,44\text{ м},$$

где  $H_r = 13,7 - (-1,0) = 14,7\text{ м}$ ;

$H_{\text{об}} = 3\text{ м}$  – для смесителей ванн.

Полученную величину требуемого напора необходимо сравнить с величиной гарантийного напора  $H_{\text{гар}}$ . В нашем случае  $H_{\text{тр}} > H_{\text{гар}}$  т.е.  $27,44 > 22$ . Результаты расчета не удовлетворительные – требуется повысительный насос.

Для подбора повысительного и циркуляционного насосов воспользуемся компьютерной программой подбора насосов фирмы WLO «Wilo select».

Подбор повысительного насоса осуществляем по расчетной подаче, равной расходу воды в системе  $0,742\text{ л/с} = 2,67\text{ м}^3/\text{ч}$ , и напору  $27,44 - 22 = 5,44\text{ м}$ . Подбираем повысительный насос марки TOP-Z 25/10.

Подбор циркуляционного насоса осуществляем по расчетной подаче, равной циркуляционному расходу воды в системе  $0,088\text{ л/с} = 0,32\text{ м}^3/\text{ч}$ , и напору, определяемому по формуле:

$$H = 0,02 + 1,392 = 1,424\text{ м}.$$

Подбираем циркуляционный насос марки Star-Z 20/4.

Схема проектируемого ИТП показана на рис. 10.5.

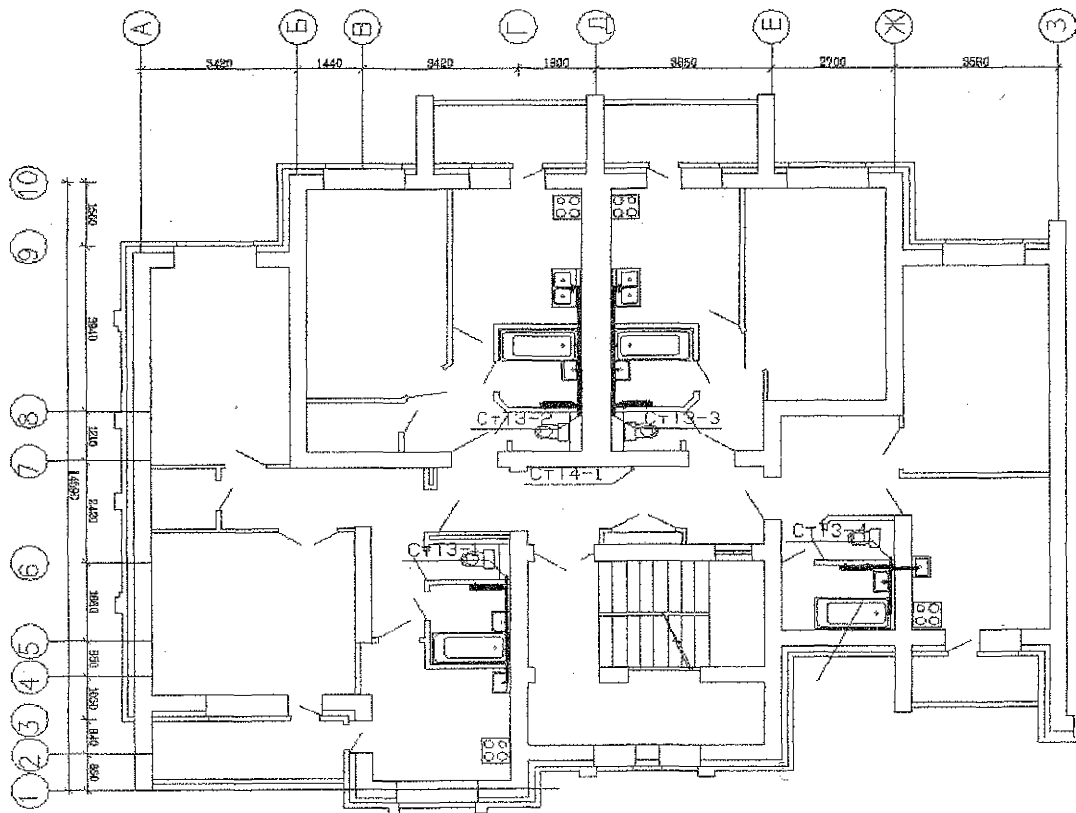


Рисунок 10.1 – План типового этажа с элементами ГВС

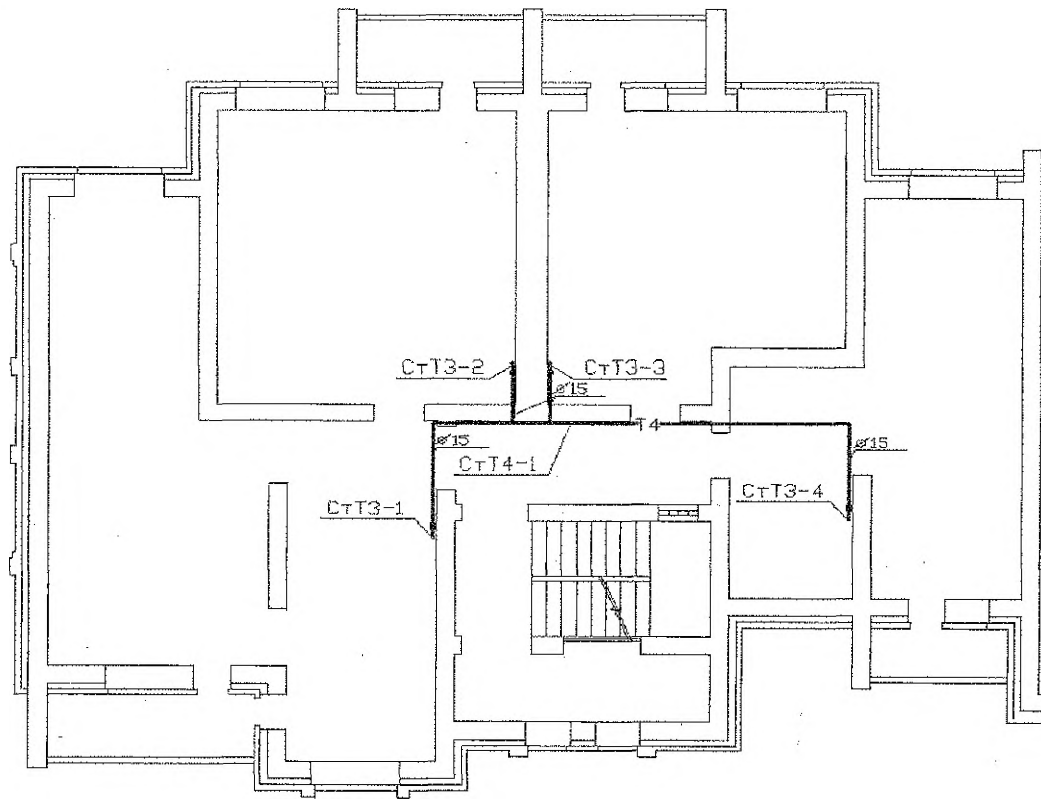


Рисунок 10.2 – План чердака с элементами ГВС

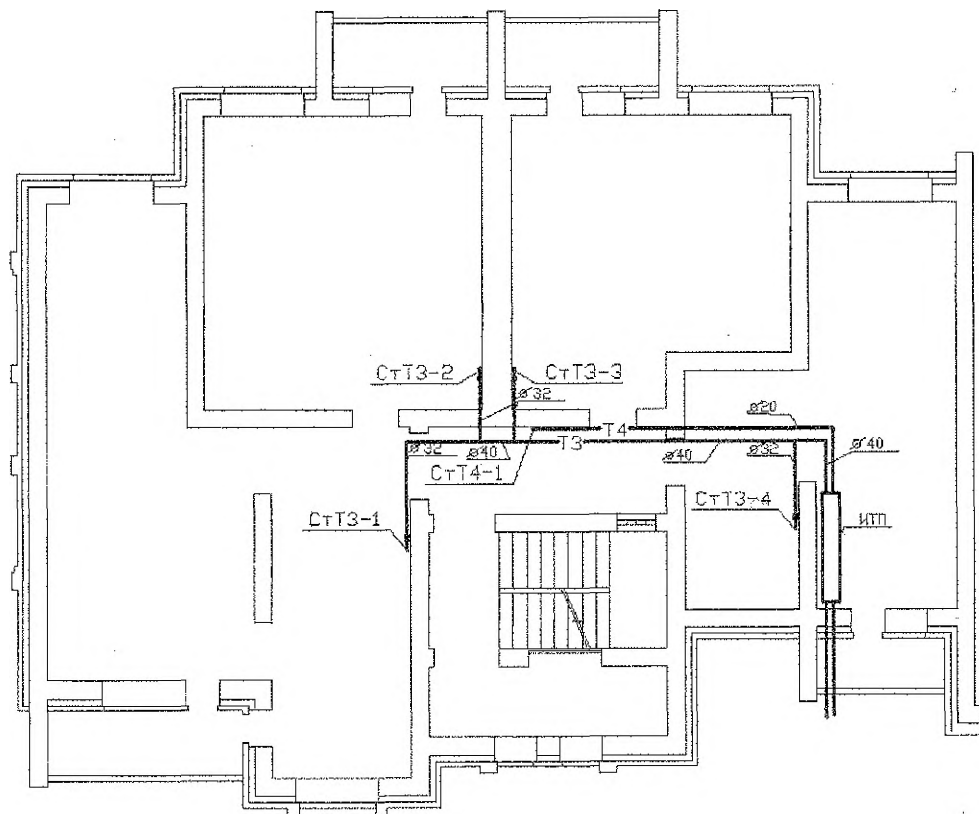
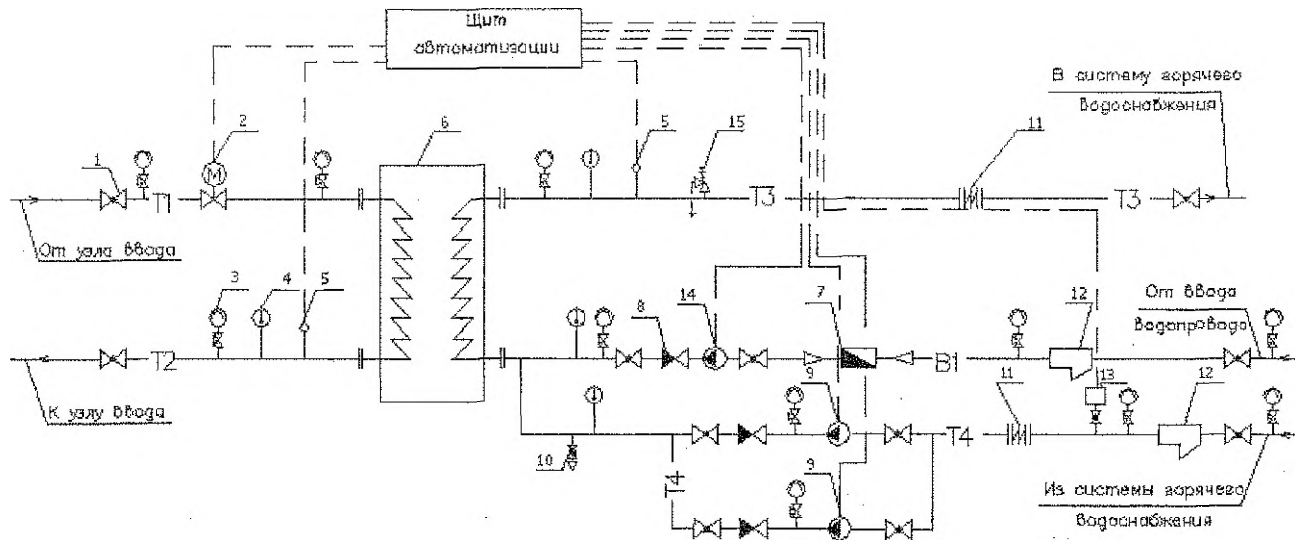


Рисунок 10.3 – План подвала с элементами ГВС



1 – шаровой кран, 2 – двухходовой клапан регулятора теплового потока,  
 3 – манометр, 4 – термометр, 5 – датчик температуры (термометр сопротивления),  
 6 – теплообменник, 7 – счетчик воды, 8 – обратный клапан, 9 – насос циркуляционный,  
 10 – контрольно-спускной кран, 11 – компенсатор (гибкая вставка), 12 – фильтр сетчатый,  
 13 – датчик-реле давления, 14 – насос повысительный, 15 – клапан предохранительный

**Рисунок 10.5 – Схема ТП**



## Литература

1. Системы внутреннего водоснабжения зданий: ТКП 45-4.01-52-2007. – Минск, 2008.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталева. – М.: АСВ, 2007. – 784 с.
3. Тепловые пункты: ТКП 45-4.02-183-2009. – Минск, 2010.

Приложение 1 [1, прил. В. табл. В.2]

Значения коэффициентов  $\alpha$  ( $\alpha_{hr}$ ) при  $P(P_{hr}) \leq 0,1$  и любом числе  $N$ , а также при  $P(P_{hr}) > 0,1$  и числе  $N > 200$

$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$
<0,015	0,200	0,068	0,301	0,29	0,526	0,98	0,959	4,4	2,352
0,015	0,202	0,070	0,304	0,30	0,534	1,00	0,969	4,5	2,386
0,016	0,205	0,072	0,307	0,31	0,542	1,05	0,995	4,6	2,421
0,017	0,207	0,074	0,309	0,32	0,550	1,10	1,021	4,7	2,456
0,018	0,210	0,076	0,312	0,33	0,558	1,15	1,046	4,8	2,490
0,019	0,212	0,078	0,315	0,34	0,565	1,20	1,071	4,9	2,524
0,020	0,215	0,080	0,318	0,35	0,573	1,25	1,096	5,0	2,558
0,021	0,217	0,082	0,320	0,36	0,580	1,30	1,120	5,1	2,592
0,022	0,219	0,084	0,323	0,37	0,588	1,35	1,144	5,2	2,626
0,023	0,222	0,086	0,326	0,38	0,595	1,40	1,168	5,3	2,660
0,024	0,224	0,088	0,328	0,39	0,602	1,45	1,191	5,4	2,693
0,025	0,226	0,090	0,331	0,40	0,610	1,50	1,215	5,5	2,726
0,026	0,228	0,092	0,333	0,41	0,617	1,55	1,238	5,6	2,760
0,027	0,230	0,094	0,336	0,42	0,624	1,60	1,261	5,7	2,793
0,028	0,233	0,096	0,338	0,43	0,631	1,65	1,283	5,8	2,826
0,029	0,235	0,098	0,341	0,44	0,638	1,70	1,306	5,9	2,858
0,030	0,237	0,100	0,343	0,45	0,645	1,75	1,328	6,0	2,891
0,031	0,239	0,105	0,349	0,46	0,652	1,80	1,350	6,1	2,924
0,032	0,241	0,110	0,355	0,47	0,658	1,85	1,372	6,2	2,956
0,033	0,243	0,115	0,361	0,48	0,665	1,90	1,394	6,3	2,989
0,034	0,245	0,120	0,367	0,49	0,672	1,95	1,416	6,4	3,021
0,035	0,247	0,125	0,373	0,50	0,678	2,00	1,437	6,5	3,053
0,036	0,249	0,130	0,378	0,52	0,692	2,1	1,479	6,6	3,085
0,037	0,250	0,135	0,384	0,54	0,704	2,2	1,521	6,7	3,117
0,038	0,252	0,140	0,389	0,56	0,717	2,3	1,563	6,8	3,149
0,039	0,254	0,145	0,394	0,58	0,730	2,4	1,604	6,9	3,181
0,040	0,256	0,150	0,399	0,60	0,742	2,5	1,644	7,0	3,212
0,041	0,258	0,155	0,405	0,62	0,755	2,6	1,684	7,1	3,244
0,042	0,259	0,160	0,410	0,64	0,767	2,7	1,724	7,2	3,275
0,043	0,261	0,165	0,415	0,66	0,779	2,8	1,763	7,3	3,307
0,044	0,263	0,170	0,420	0,68	0,791	2,9	1,802	7,4	3,338
0,045	0,265	0,175	0,425	0,70	0,803	3,0	1,840	7,5	3,369
0,046	0,266	0,180	0,430	0,72	0,815	3,1	1,879	7,6	3,400
0,047	0,268	0,185	0,435	0,74	0,826	3,2	1,917	7,7	3,431
0,048	0,270	0,190	0,439	0,76	0,838	3,3	1,954	7,8	3,462
0,049	0,271	0,195	0,444	0,78	0,849	3,4	1,991	7,9	3,493
0,050	0,273	0,20	0,449	0,80	0,860	3,5	2,029	8,0	3,524
0,052	0,276	0,21	0,458	0,82	0,872	3,6	2,065	8,1	3,555
0,054	0,280	0,22	0,467	0,84	0,883	3,7	2,102	8,2	3,585
0,056	0,283	0,23	0,476	0,86	0,894	3,8	2,138	8,3	3,616
0,058	0,286	0,24	0,485	0,88	0,905	3,9	2,174	8,4	3,646
0,060	0,289	0,25	0,493	0,90	0,916	4,0	2,210	8,5	3,677
0,062	0,292	0,26	0,502	0,92	0,927	4,1	2,246	8,6	3,707
0,064	0,295	0,27	0,510	0,94	0,937	4,2	2,281	8,7	3,738
0,065	0,298	0,28	0,518	0,96	0,948	4,3	2,317	8,8	3,768

Продолжение прил. 1

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
8,9	3,798	17,6	6,254	38,5	11,56	76	20,41	150	37,21
9,0	3,828	17,8	6,308	39,0	11,68	77	20,64	152	37,66
9,1	3,858	18,0	6,362	39,5	11,80	78	20,87	154	38,11
9,2	3,888	18,2	6,415	40,0	11,92	79	21,10	156	38,56
9,3	3,918	18,4	6,469	40,5	12,04	80	21,33	158	39,01
9,4	3,948	18,6	6,522	41,0	12,16	81	21,56	160	39,46
9,5	3,978	18,8	6,575	41,5	12,28	82	21,69	162	39,91
9,6	4,008	19,0	6,629	42,0	12,41	83	22,02	164	40,35
9,7	4,037	19,2	6,682	42,5	12,53	84	22,25	166	40,80
9,8	4,067	19,4	6,734	43,0	12,65	85	22,48	168	41,25
9,9	4,097	19,6	6,788	43,5	12,77	86	22,71	170	41,70
10,0	4,126	19,8	6,840	44,0	12,89	87	22,94	172	42,15
10,2	4,185	20,0	6,893	44,5	13,01	88	23,17	174	42,60
10,4	4,244	20,5	7,025	45,0	13,13	89	23,39	176	43,05
10,6	4,302	21,0	7,156	45,5	13,25	90	23,62	178	43,50
10,8	4,361	21,5	7,287	46,0	13,37	91	23,85	180	43,95
11,0	4,419	22,0	7,417	46,5	13,49	92	24,08	182	44,40
11,2	4,477	22,5	7,547	47,0	13,61	93	24,31	184	44,84
11,4	4,534	23,0	7,677	47,5	13,73	94	24,54	186	45,29
11,6	4,592	23,5	7,806	48,0	13,85	95	24,77	188	45,74
11,8	4,649	24,0	7,935	48,5	13,97	96	24,99	190	46,19
12,0	4,707	24,5	8,064	49,0	14,09	97	25,22	192	46,64
12,2	4,764	25,0	8,192	49,5	14,20	98	25,45	194	47,09
12,4	4,820	25,5	8,320	50	14,32	99	25,68	196	47,54
12,6	4,877	26,0	8,447	51	14,56	100	25,91	198	47,99
12,8	4,934	26,5	8,575	52	14,80	102	26,36	200	48,43
13,0	4,990	27,0	8,701	53	15,04	104	26,82	205	49,49
13,2	5,047	27,5	8,828	54	15,27	106	27,27	210	50,59
13,4	5,103	28,0	8,955	55	15,51	108	27,72	215	51,70
13,6	5,159	28,5	9,081	56	15,74	110	28,18	220	52,80
13,8	5,215	29,0	9,207	57	15,98	112	28,63	225	53,90
14,0	5,270	29,5	9,332	58	16,22	114	29,09	230	55,00
14,2	5,326	30,0	9,457	59	16,45	116	29,54	235	56,10
14,4	5,382	30,5	9,583	60	16,69	118	29,89	240	57,19
14,6	5,437	31,0	9,707	61	16,92	120	30,44	245	58,29
14,8	5,492	31,5	9,832	62	17,15	122	30,90	250	59,38
15,0	5,547	32,0	9,957	63	17,39	124	31,35	255	60,48
15,2	5,602	32,5	10,08	64	17,62	126	31,80	260	61,57
15,4	5,657	33,0	10,20	65	17,85	128	32,25	265	62,66
15,6	5,712	33,5	10,33	66	18,09	130	32,70	270	63,75
15,8	5,767	34,0	10,45	67	18,32	132	33,15	275	64,85
16,0	5,821	34,5	10,58	68	18,55	134	33,60	280	65,94
16,2	5,876	35,0	10,70	69	18,79	136	34,06	285	67,03
16,4	5,930	35,5	10,82	70	19,02	138	34,51	290	68,12
16,6	5,984	36,0	10,94	71	19,25	140	34,96	295	69,20
16,8	6,039	36,5	11,07	72	19,48	142	35,41	300	70,29
17,0	6,093	37,0	11,19	73	19,71	144	35,86	305	71,38
17,2	6,147	37,5	11,31	74	19,94	146	36,31	310	72,46
17,4	6,201	38,0	11,43	75	20,18	148	36,76	315	73,55

Приложение 2

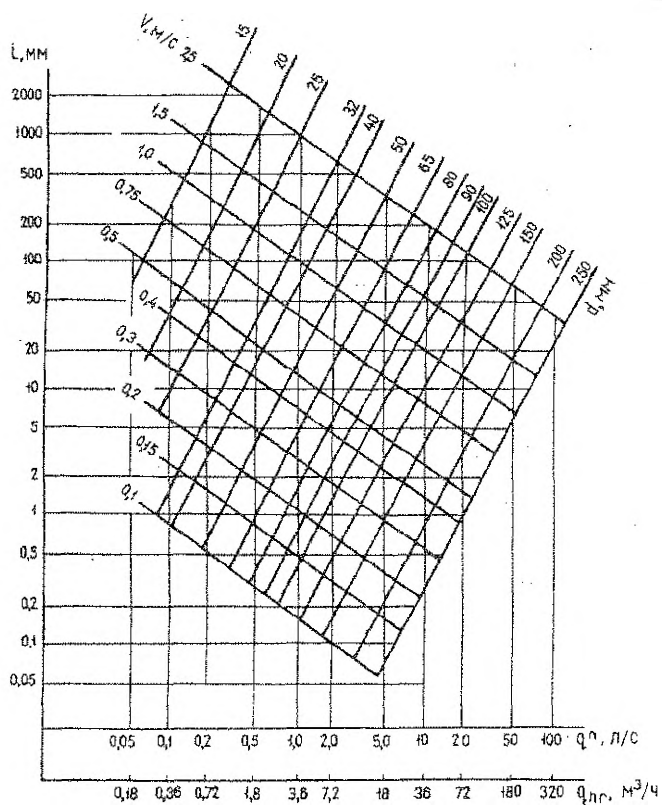
Скорости движения воды  $v$ , м/с, (числитель) и удельные потери напора в трубах  $i$ , мм/м, (знаменатель) с учетом зарастания

Расход воды, л/с	Условный диаметр, мм											
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
	Наружный диаметр *, мм											
0,1	0,87 294,8	0,42 38,1	0,24 8,5	0,13 1,5	-	-	-	-	-	-	-	
0,15	1,31 663,2	0,63 87,2	0,36 20,25	0,19 3,43	0,14 1,56	-	-	-	-	-	-	
0,2	1,74 1179,1	0,84 154,9	0,48 36	0,25 6,1	0,19 2,76	0,11 0,61	-	-	-	-	-	
0,25	2,18 1842,3	1,05 242,1	0,6 56,25	0,32 9,5	0,24 4,31	0,14 0,96	-	-	-	-	-	
0,3	-	1,26 338,7	0,72 81	0,38 13,1	0,28 6,21	0,16 1,38	-	-	-	-	-	
0,4	-	1,68 619,9	0,96 144	0,51 22,4	0,38 11,04	0,22 2,45	-	-	-	-	-	
0,5	-	2,1 968,6	1,19 225	0,63 38,1	0,47 17,25	0,27 3,8	-	-	-	-	-	
0,6	-	2,52 1443,1	1,43 324	0,76 54,9	0,57 24,85	0,32 5,52	-	-	-	-	-	
0,7	-	-	1,67 417,2	0,89 74,7	0,66 33,82	0,38 7,51	0,23 1,94	0,16 0,69	-	-	-	
0,8	-	-	1,91 545	1,01 97,6	0,76 44,17	0,43 9,81	0,26 2,53	0,18 0,9	0,1 0,2	-	-	
0,9	-	-	2,14 689,7	1,14 123,5	0,85 55,91	0,49 12,42	0,29 3,4	0,2 1,14	0,114 0,26	-	-	
1	-	-	2,39 851,5	1,27 152,5	0,95 69,02	0,54 15,33	0,33 3,96	0,22 1,4	0,13 0,32	-	-	
1,5	-	-	-	1,9 343,2	1,42 155,29	0,81 34,5	0,49 8,9	0,33 3,16	0,19 0,71	-	-	
2	-	-	-	-	1,89 276,01	1,08 61,32	0,65 15,82	0,45 5,62	0,254 1,27	-	-	
2,5	-	-	-	-	2,4 431,4	1,35 95,81	0,82 24,73	0,56 8,78	0,32 1,98	0,2 0,58	0,14 0,22	
3	-	-	-	-	-	1,62 137,97	0,98 35,6	0,67 12,64	0,38 2,85	0,24 0,83	0,17 0,32	
3,5	-	-	-	-	-	1,88 187,79	1,15 48,46	0,78 17,2	0,45 3,88	0,28 1,14	0,2 0,44	
4	-	-	-	-	-	2,17 245,28	1,31 63,3	0,89 22,46	0,51 5,07	0,32 1,49	0,22 0,57	
5	-	-	-	-	-	-	1,64 98	1,11 35,1	0,64 7,02	0,4 2,32	0,28 0,80	
7	-	-	-	-	-	-	-	2,29 192,8	1,56 68,8	0,89 15,5	0,56 4,57	0,39 1,25

\* стальные водогазопроводные условным диаметром 10-50 мм; электросварные условным диаметром 65-500 мм.

### Приложение 3

Номограмма для гидравлического расчета стальных труб с учетом зарастания в процессе эксплуатации для систем ГВС



Приложение 4

Таблица для гидравлического расчета полипропиленовых труб фирмы

Wavin

PN 20	температура воды = 50°C											
	16x2,7 мм		20x3,4 мм		25x4,2 мм		32x5,4 мм		40x6,7 мм		50x8,3 мм	
Q л/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с
0,01	0,028	0,1	0,010	0,1								
0,02	0,096	0,2	0,034	0,1	0,011	0,1	0,004	0,1				
0,03	0,196	0,3	0,690	0,2	0,023	0,1	0,007	0,1	0,002	0,1		
0,04	0,326	0,5	0,114	0,3	0,038	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1		
0,05	0,465	0,6	0,169	0,4	0,067	0,2	0,018	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1
0,06	0,672	0,7	0,234	0,4	0,078	0,3	0,024	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1
0,07	0,886	0,8	0,306	0,5	0,102	0,3	0,032	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1
0,08	1,126	0,9	0,390	0,6	0,130	0,4	0,040	0,2	0,014	0,1	0,005	0,1
0,09	1,392	1,0	0,482	0,7	0,160	0,4	0,050	0,3	0,017	0,2	0,006	0,1
0,10	1,684	1,1	0,582	0,7	0,193	0,5	0,060	0,3	0,020	0,2	0,007	0,1
0,12	2,344	1,4	0,607	0,9	0,267	0,6	0,082	0,3	0,028	0,2	0,010	0,1
0,14	3,104	1,6	1,065	1,0	0,351	0,6	0,106	0,4	0,037	0,3	0,013	0,2
0,16	3,962	1,8	1,356	1,2	0,446	0,7	0,137	0,5	0,046	0,3	0,016	0,2
0,18	4,918	2,0	1,679	1,3	0,551	0,8	0,169	0,5	0,057	0,3	0,020	0,2
0,20	5,972	2,3	2,033	1,5	0,666	0,9	0,204	0,6	0,068	0,4	0,024	0,2
0,30	12,68	3,4	4,273	2,2	1,388	1,4	0,423	0,8	0,141	0,5	0,049	0,3
0,40			7,281	2,9	2,348	1,8	0,710	1,1	0,236	0,7	0,061	0,5
0,50					3,541	2,3	1,065	1,4	0,353	0,9	0,121	0,6
0,60					4,964	2,8	1,486	1,7	0,491	1,1	0,168	0,7
0,70					6,615	3,2	1,972	2,0	0,649	1,3	0,221	0,8
0,80							2,523	2,3	0,828	1,4	0,281	0,9
0,90							3,138	2,5	1,027	1,6	0,348	1,0
1,00							3,816	2,8	1,245	1,8	0,421	1,2
1,20							5,384	3,4	1,742	2,2	0,587	1,4
1,40									2,317	2,5	0,778	1,6
1,60									2,971	2,9	0,994	1,8
1,80									3,702	3,2	1,235	2,1
2,00											1,501	2,3
2,20											1,791	2,5
2,40											2,106	2,8
2,60											2,445	3,0
2,80											2,809	3,2
3,00											3,197	3,5

Приложение 5

Таблица для гидравлического расчета труб PE-Xc, PE-RT (полиэтиленовых) фирмы KAN

m	Ø12×2		Ø14×2		Ø18×2		Ø18×2,5		Ø25×3,5		Ø32×4,4	
	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
4,3	0,024	4,3										
8,6	0,049	8,5					0,02	1				
12,9	0,073	12,8	0,05	6	0,02	1	0,03	2				
17,2	0,098	17,0	0,06	10	0,03	2	0,04	2				
21,5	0,122	26,3	0,08	15	0,04	3	0,05	3				
25,8	0,147	48,3	0,09	20	0,05	4	0,06	4				
30,1	0,171	73,4	0,11	26	0,06	5	0,07	5				
34,4	0,196	93,3	0,13	33	0,065	7	0,07	6				
38,7	0,220	114,5	0,14	40	0,07	8	0,08	9				
43,0	0,245	137,5	0,16	18	0,08	10	0,09	12	0,05	3		
47,3	0,269	162,4	0,17	56	0,09	12	0,10	16				
51,6	0,293	189,1	0,19	65	0,10	13	0,11	19	0,06	4		
55,9	0,318	217,6	0,20	74	0,105	15	0,12	22				
60,2	0,342	247,9	0,22	85	0,11	17	0,13	24	0,07	5		
64,5	0,367	280,0	0,23	95	0,12	19	0,14	28				
68,8	0,391	31,8	0,25	106	0,13	22	0,15	31	0,08	7		
73,1	0,416	349,3	0,27	118	0,14	24	0,16	34				
77,4	0,440	386,5	0,28	130	0,145	26	0,17	38	0,09	8		
81,7	0,465	425,5	0,30	143	0,15	29	0,18	41				
86,0	0,489	46,2	0,31	156	0,16	32	0,19	45	0,10	10	0,06	3
94,6	0,538	552,5	0,34	185	0,18	37	0,20	54				
103,2	0,587	645,6	0,38	215	0,19	43	0,2	62	0,12	13	0,07	4
111,8	0,636	745,2	0,41	247	0,21	50	0,24	72				
120,4	0,685	851,4	0,44	281	0,22	7	0,26	82	0,14	17	0,08	5
129,0	0,734	964,2	0,47	318	0,24	64	0,28	92	0,145	19	0,09	6

Продолжение таблицы 5

m	Ø12×2		Ø14×2		Ø18×2		Ø18×2,5		Ø25×3,5		Ø32×4,4	
	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
137,6			0,50	356	0,26	71	0,30	103	0,15	22	0,09	7
146,2			0,53	396	0,27	79	0,32	115	0,16	24	0,10	7
154,8			0,56	438	0,29	88	0,33	127	0,17	27	0,10	8
163,4			0,59	482	0,30	96	0,35	140	0,18	29	0,11	9
172,0			0,63	528	0,32	105	0,37	153	0,19	32	0,12	10
189,2			0,69	625	0,35	124	0,41	182	0,21	38	0,13	11
206,4			0,75	730	0,38	145	0,45	212	0,23	44	0,14	13
223,6			0,81	842	0,42	167	0,48	245	0,25	50	0,15	15
240,8			0,88	961	0,45	190	0,52	280	0,27	57	0,16	17
258,0			0,94	1113	0,48	215	0,56	317	0,29	65	0,17	20
279,5			1,02	1256	0,52	247	0,60	366	0,31	74	0,19	22
301,0			1,10	1435	0,56	282	0,65	418	0,34	85	0,20	26
322,5			1,17	1626	0,6	327	0,70	473	0,36	96	0,22	30
344,0			1,25	1827	0,64	358	0,74	532	0,39	107	0,23	32
365,5					0,67	399	0,79	594	0,41	119	0,25	36
387,0					0,72	442	0,83	659	0,43	132	0,26	40
408,5					0,76	487	0,88	727	0,46	145	0,28	44
430,0					0,80	533	0,93	799	0,48	159	0,29	48
473,0					0,89	633	1,02	951	0,53	188	0,32	57
516,0					0,96	740	1,11	1115	0,58	220	0,35	67
559,0					1,04	856	1,20	1292	0,63	254	0,38	77
602,0					1,12	978	1,90	1481	0,68	289	0,41	88
645,0					1,9	1109			0,72	328	0,44	99
688,0					1,28	1247			0,77	368	0,47	111
731,0									0,82	410	0,49	124
774,0									0,87	455	0,52	138
817,0									0,92	501	0,55	152



## Приложение 6

Таблица для гидравлического расчета труб PE-RT/AVPE-HD (металлополимерных) фирмы KAN

m	Ø14×2		Ø16×2		Ø20×2		Ø26×3	
	V [кг/ч]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
12,9	0,05	6	0,03	3				
17,2	0,06	10	0,04	3				
21,5	0,08	15	0,05	4				
25,8	0,09	20	0,07	5	0,04	2		
30,1	0,11	26	0,08	6	0,04	2		
34,4	0,13	33	0,09	10	0,05	2		
38,7	0,14	40	0,10	14	0,06	3		
43,0	0,16	48	0,11	19	0,06	3	0,04	1
47,3	0,17	56	0,12	24	0,07	5		
51,6	0,19	65	0,13	27	0,07	6	0,05	2
55,9	0,20	74	0,14	31	0,08	8		
60,2	0,22	85	0,15	36	0,09	9	0,06	3
64,5	0,23	95	0,16	40	0,09	10		
68,8	0,25	106	0,17	45	0,10	12	0,06	4
73,1	0,27	118	0,19	50	0,10	13		
77,4	0,28	130	0,20	55	0,11	14	0,07	5
81,7	0,30	143	0,21	61	0,12	15		
86,0	0,31	156	0,22	66	0,12	17	0,08	6
94,6	0,34	185	0,24	79	0,13	20	0,09	7
103,2	0,38	215	0,26	91	0,15	23	0,09	8
111,8	0,41	247	0,28	105	0,16	27	0,10	9
120,4	0,44	281	0,30	120	0,17	30	0,11	11
129,0	0,47	318	0,33	135	0,18	34	0,12	12
137,6	0,50	356	0,35	152	0,20	38	0,13	13
146,2	0,53	396	0,37	169	0,21	43	0,13	15
154,8	0,56	438	0,39	187	0,22	47	0,14	16
163,4	0,59	482	0,41	206	0,23	52	0,15	18
172,0	0,63	528	0,44	226	0,25	57	0,16	20
189,2	0,69	625	0,48	268	0,27	67	0,17	23
206,4	0,75	730	0,52	313	0,29	78	0,19	27
223,6	0,81	842	0,57	361	0,32	90	0,20	31
240,8	0,88	961	0,61	412	0,34	103	0,22	35
258,0	0,94	1113	0,65	467	0,37	116	0,24	40
279,5	1,02	1256	0,71	540	0,40	134	0,25	46

Продолжение прил. 6

m	Ø20×2		Ø26×3		Ø32×3		Ø40×3,5	
	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
301,0	0,43	153	0,27	52	0,16	15	0,10	5
322,5	0,46	173	0,29	59	0,17	17	0,10	5
344,0	0,49	194	0,31	66	0,18	19	0,11	6
365,5	0,52	216	0,33	74	0,20	21	0,12	6
387,0	0,55	240	0,34	81	0,21	23	0,13	7
408,5	0,56	264	0,37	90	0,22	25	0,14	8
430,0	0,61	290	0,39	98	0,23	28	0,15	9
473,0	0,67	344	0,43	117	0,26	32	0,16	10
516,0	0,73	403	0,47	136	0,28	38	0,17	12
559,0			0,51	157	0,30	44	0,19	14
602,0			0,55	180	0,32	50	0,20	16
645,0			0,59	204	0,35	57	0,22	18
731,0			0,67	256	0,40	72	0,24	23
817,0			0,74	313	0,44	87	0,27	28
946,0			0,86	409	0,50	114	0,32	36
1076,4					0,58	143	0,36	45
1288,8					0,70	200	0,43	62
1720,8					0,93	337	0,56	106
2149,2					1,16	509	0,72	158
2581,2							0,86	221
3438,0							1,15	375
4298,4							1,44	567

Примечание.

В горизонтальных трубопроводах, проходящих в конструкции пола или за плинтусом над полом, следует принимать значение скорости воды не ниже 0,11 м/с, учитывая удаление воздуха из системы.

За скорость в трубопроводах, проходящих в конструкции пола или за защитными плинтусом над полом, следует принимать значения, соответствующие экономичным гидравлическим сопротивлениям ( $R_{экон} = 150 + 250 \text{ Па/м}$ ):

Ø12×2	v=0,25÷0,35 м/с
Ø14×2	v=0,3÷0,4 м/с
Ø16×2	v=0,35÷0,45 м/с
Ø18×2	v=0,4÷0,5 м/с
Ø20×2	v=0,45÷0,6 м/с
Ø25×3,5	v=0,5÷0,6 м/с
Ø26×3	v=0,5÷0,65 м/с
Ø32×4,4	v=0,55÷0,75 м/с

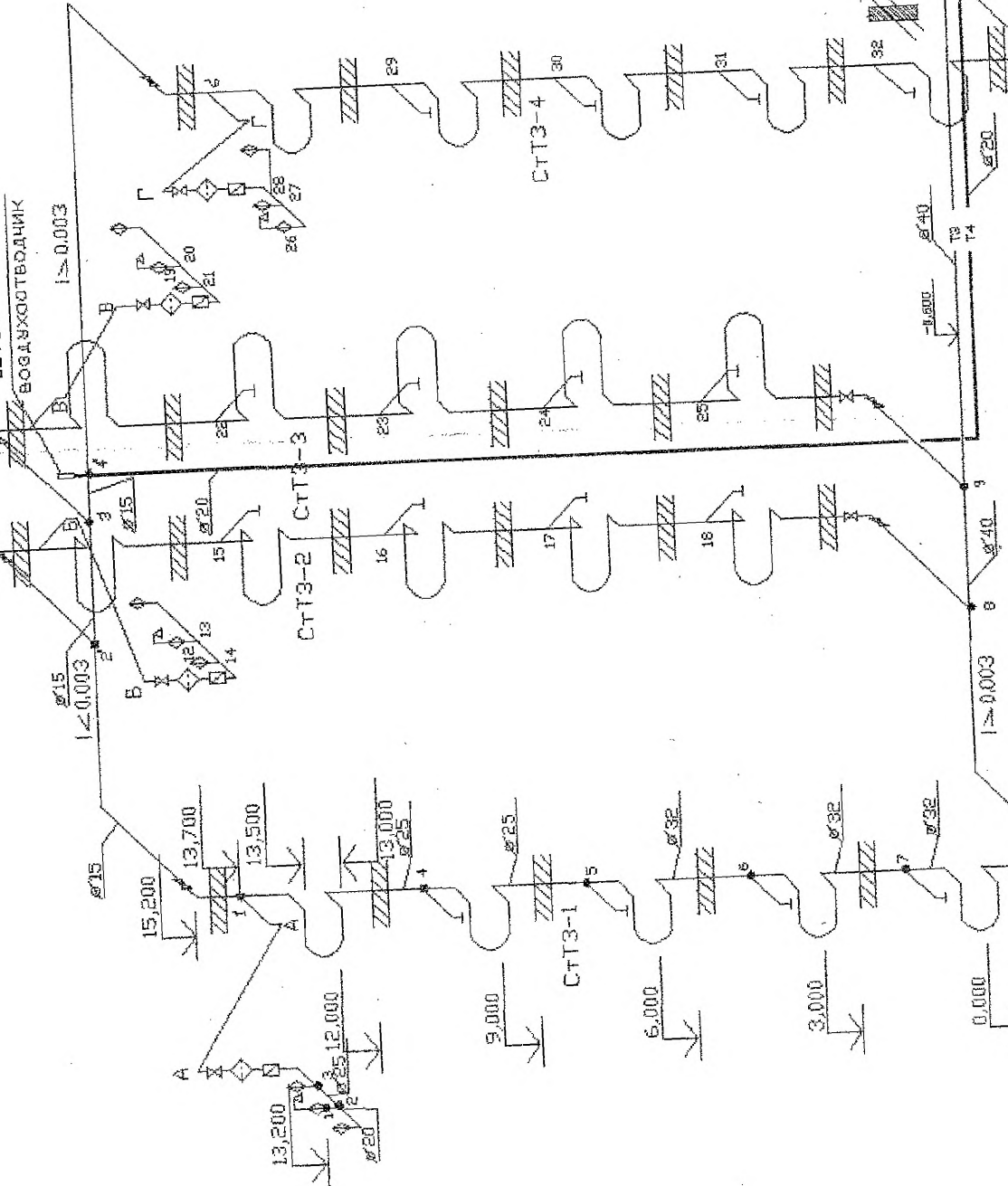
ВОДА КХОТВОДНИК

$i > 0.003$

$i < 0.003$

$i > 0.003$

-1.000



Е А

Е А

Учебное издание

*Составители:*

*Владимир Геннадьевич Новосельцев*

*Дина Владимировна Новосельцева*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для курсового проектирования по дисциплине

“Теплоснабжение“ на тему

**“Горячее водоснабжение жилого дома”**

для студентов специальности 1-70 04 02

«Теплогазоснабжение, вентиляция

и охрана воздушного бассейна»

Ответственный за выпуск: Новосельцев В.Г.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано к печати 11.09.2014 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура Times New Roman.

Бумага «Periformer». Усл. п. л. 2,20. Уч. изд. 2,37. Заказ № 734. Тираж 50 экз.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный

технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.