

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по дисциплине

“Отопление“ на тему

"Отопление общественного здания"

для студентов специальности 70 04 02

"Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"

для всех форм обучения, слушателей ИПКиП

специальности 1-70 04 71 **"Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна"**

УДК 697.911 (075.8)

Настоящие методические указания для выполнения курсовой работы по отоплению общественного здания составлены в соответствии с программой курса “Отопление“ для студентов специальности 70 04 02 "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна" и слушателей ИПКиП специальности 1-70 04 71.

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

Составили: В. Г. Новосельцев, к. т. н., доцент
Д. В. Новосельцева, к. т. н., доцент

Рецензент: главный эксперт отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области» Ю. Н. НОВИК

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Исходные данные и состав курсовой работы	3
2. Расчет потерь теплоты помещениями.....	3
3. Конструирование системы водяного отопления	9
4. Гидравлический расчет системы водяного отопления	19
5. Тепловой расчет	24
Литература	29
Приложения	30

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В курсовой работе требуется разработать вертикальную систему водяного отопления общественного здания.

Исходными данными в задании на курсовую работу являются: район строительства, план типового этажа здания, ориентация его главного фасада по сторонам света, этажность здания, наличие в здании чердака и подвала, тип системы отопления, температура воды в системе отопления здания (t_{Γ} и t_o , °C).

В состав курсового проекта входит пояснительная записка (30–35 страниц) и графическая часть (1–2 листа чертежей формата А1). Пояснительная записка включает следующие разделы:

Титульный лист, задание с исходными данными, реферат, содержание, введение.

1. Расчет потерь теплоты помещениями.
2. Конструирование системы водяного отопления.
3. Гидравлический расчет системы водяного отопления.
4. Тепловой расчет системы водяного отопления (выбор типа, размера или количества секций отопительных приборов).

Заключение; список использованной литературы.

Графическая часть содержит:

1. Планы типового этажа здания, подвала, чердака, поперечный разрез здания по лестничной клетке с нанесением элементов системы отопления (М 1:100).
2. Аксонометрическую схему теплопроводов системы отопления с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, уклонов, с установкой запорной, регулировочной и балансировочной арматуры, устройств для выпуска воздуха, опорожнения системы (М произвольный).
3. Узлы системы отопления (М произвольный).

2 РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ

Для определения тепловой мощности системы отопления определяют общие потери теплоты для расчетных зимних условий:

$$Q_o = \sum Q + Q_{инф} - Q_{технолог} \cdot (1 - \eta_1), Вт, \quad (1)$$

где ΣQ – основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_{инф}$ – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_{технолог}$ – тепловыделения, регулярно поступающие в помещения здания от электрических приборов, освещения, людей и других источников, Вт;

η_l – коэффициент, принимаемый по [1, прил. К, табл. К.3] в зависимости от типа системы отопления и способа регулирования (приложение 1 методических указаний).

Расчет теплотерь производят через все ограждающие конструкции для каждого помещения в отдельности. Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции помещений не учитывают, если разность температур воздуха в этих помещениях равна 3 °С и менее [1, п. 6.1.1]. Перед началом расчета тепловых потерь все помещения здания поэтажно пронумеровывают (1-й этаж – помещения № 101,102 и т. д.; 2-й этаж – № 201,202 и т. д.), начиная с верхнего углового левого помещения по ходу часовой стрелки. Подсобные помещения (кладовые, коридоры, санузлы, ваннные комнаты и т. п.), не имеющие вертикальных наружных ограждений, можно не нумеровать. Теплотери этих помещений через полы (нижнего этажа) или потолки (верхнего этажа) обычно относят к смежным с ними помещениям и учитывают в тепловом расчете.

Основные потери теплоты определяют в соответствии с [1, приложение Д] с округлением до 10 Вт путем суммирования потерь тепла через отдельные ограждения для каждого отапливаемого помещения по формуле

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_e - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где F – расчетная площадь ограждения, м²;

R – сопротивление теплопередаче ограждения, (м²·°С)/Вт.

Сопротивление теплопередаче стен, чердачного перекрытия и пола 1 этажа, заполнений световых проемов (окон, балконных дверей) принимается в соответствии с пунктом 6 [2].

t_e – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая для общественных зданий по [3, прил. Б], [4, прил. Д];

t_n – расчетная температура наружного воздуха, °С, для холодного периода года (в соответствии с п. 5.14 [1] по параметрам воздуха Б) при расчете потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции, принимаемая по [1, приложение Г, табл. Г.1] (приложение 3 методических указаний) или температура воздуха более холодного помещения – при расчете потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по [2, табл. 6.2] (приложение 1 методических указаний);

β – добавочные потери теплоты через ограждения, принимаемые в долях от основных потерь:

а) для наружных вертикальных и наклонных стен, дверей и окон, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад $\beta = 0,1$; на юго-восток и запад $\beta = 0,05$; на юг и юго-запад $\beta = 0$;

б) в угловых помещениях – дополнительно по 0,05 на каждую стену, дверь и окно;

в) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H , м, от отметки земли до устья вентиляционной шахты:

0,20H – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27H – для двойных дверей с тамбуром между ними;

0,34H – для двойных дверей без тамбура;

0,22H – для одинарных дверей.

У современных окон со стеклопакетами низкая воздухопроницаемость, которая приводит к нарушению работы системы естественной вентиляции из-за недостаточного количества приточного воздуха. Для устранения этого недостатка необходимо применение приточных устройств, монтируемых в наружных стенах или в конструкциях окон. Поэтому при расчете $Q_{инф}$ целесообразно произвести расчет только организованного притока.

Расход теплоты на нагрев поступающего воздуха в помещения в результате действия естественной вытяжной вентиляции (организованный естественный приток):

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho_v \cdot c \cdot (t_v - t_n) \cdot k, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где L_n – расход предварительно не подогреваемого приточного инфильтрующегося воздуха, м³/ч;

F_n – площадь пола отапливаемого помещения, м²;

t_v, t_n – то же, что в формуле (2), кг/м³;

ρ_v – плотность воздуха помещения, кг/м³, определяемая по формуле

$$\rho = \frac{353}{273 + t_v}, \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в ограждающих конструкциях, равный 1,0 – для окон со стеклопакетами.

Расчет потерь теплоты сводят в таблицу 1. В графу 3 таблицы записывают условные обозначения наружных ограждений (НС – наружная стена; ТО – окно с тройным остеклением; ПЛ – пол; ПТ – потолок и т. д.). В графе 4 указывается ориентация ограждающей конструкции по сторонам света (Ю – юг; СВ – северо-восток; и т. д.). В графе 5 записываются размеры поверхности охлаждения по строительным чертежам (рисунок 1).

Линейные размеры ограждения определяют следующим образом:

1) площадь окон, дверей – по размерам строительных проемов в свету;

2) площади полов над холодным пространством и потолков – по размерам между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;

3) высота стен первого этажа:

– при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте, – от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

– при наличии пола, расположенного над подвалом – от нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

4) высота стен промежуточного этажа – между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;

5) высота стен верхнего этажа – от уровня чистого пола до верха чердачного перекрытия или верха бесчердачного покрытия;

6) длина наружных стен неугловых помещений – между осями внутренних стен; а угловых помещений – от кромки наружного угла до оси внутренних стен;

7) длина внутренних стен – по размерам между осями внутренних стен.

В графу 7 заносят значение коэффициента теплопередачи ($1/R_0$) рассматриваемого ограждения. В графу 8 записывают разность температур ($t_в - t_н$). В графу 17 заносятся общие потери теплоты, определяемые по формуле (1) суммированием основных потерь теплоты (графа 13) с потерями теплоты $Q_{инф}$, (графа 14) за вычетом $Q_{технолог} \cdot (1 - \eta_1)$ (графа 16).

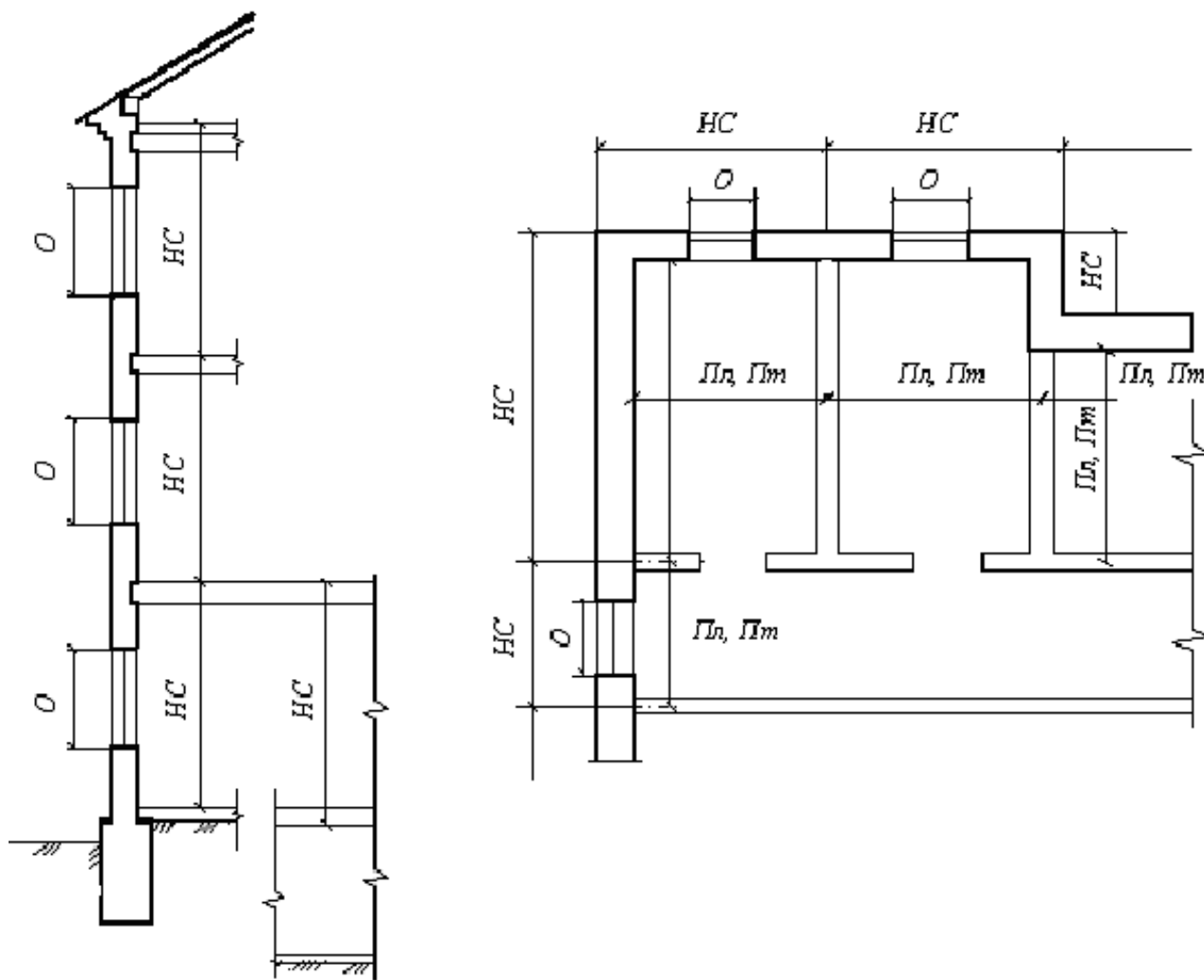


Рисунок 1 – Правила обмера площадей в плане и по высоте здания

Пример 1

Определить тепловые потери для двух помещений на первом этаже офисного здания с подвалом, ориентированного главным фасадом на север и расположенного в городе Бресте. Проектируемая система отопления – водяная однотрубная с ручными вентилями и центральным авторегулированием на вводе. Основные строительные размеры здания указаны на рисунке 2. Сопротивление теплопередаче для наружной стены $R_o = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, для чердачного перекрытия $R_o = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, пола 1 этажа над подвалом $R_o = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, окон (стеклопакетов с тройным остеклением) $R_o = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Толщина пола первого этажа – 0,55 м, междуэтажного перекрытия – 0,3 м, высота этажа от пола до потолка – 2,7 м.

Решение

По приложению Б [3] определяем: температура воздуха в офисах 101 – $t_{в} = 18 \text{ °C}$, 102 – $t_{в} = 18 \text{ °C}$, в коридоре $t_{в} = 16 \text{ °C}$. По таблицам приложений методических указаний определяем: расчетная температура наружного воздуха $t_{н} = -21 \text{ °C}$; коэффициент n для стен и перекрытия $n = 1$, для пола 1 этажа $n = 0,75$.

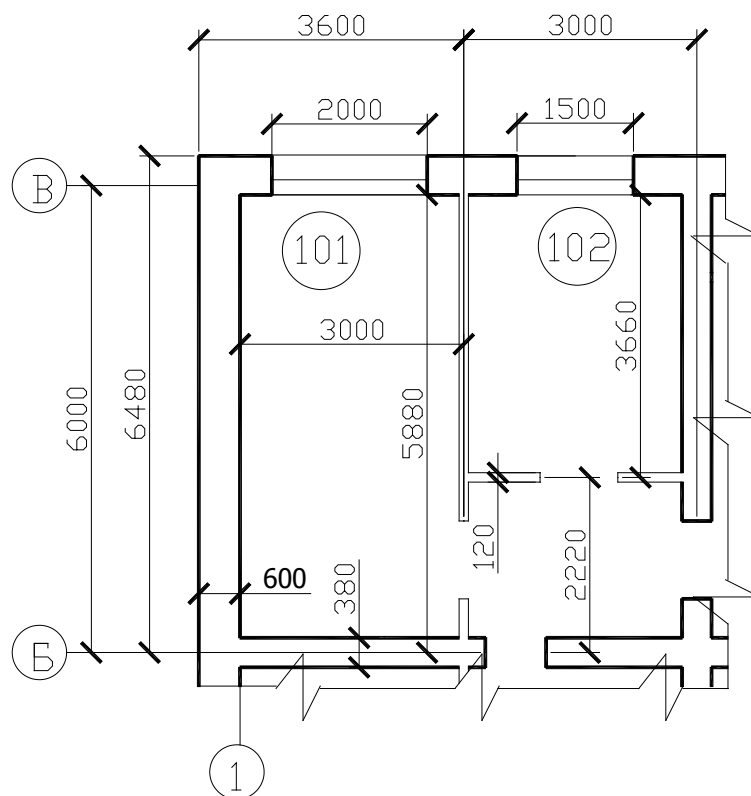


Рисунок 2 – План части здания к примеру 1

Определим количество работников в офисе 101 и 102, исходя из того, что на одного работника должно приходиться не менее $4,5 \text{ м}^2$ площади:

$$N^{101} = 16,7 / 4,5 = 3 \text{ чел.};$$

$$N^{102} = 9,9 / 4,5 = 2 \text{ чел.}$$

Рассчитаем расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха. Расход предварительно не подогреваемого приточного инфильтрующегося воздуха составляет $20 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{чел}$ [4, прил. Д, табл. Д.1]

$$Q_{инф}^{101} = 0,28 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 1,213 \cdot 1 \cdot (18 - (21)) \cdot 1 = 795 \text{ Вт};$$

$$Q_{инф}^{102} = 0,28 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 1,213 \cdot 1 \cdot (18 - (21)) \cdot 1 = 530 \text{ Вт}.$$

Технологические тепловыделения в соответствии с формулой (1):

$$Q_{технолог}^{101} = (300 \cdot 3 + 150 \cdot 3) \cdot (1 - 0,7) = 405 \text{ Вт};$$

$$Q_{технолог}^{102} = (300 \cdot 2 + 150 \cdot 2) \cdot (1 - 0,7) = 270 \text{ Вт}.$$

Расчет потерь теплоты сведен в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет потерь теплоты

№ помещения	Назначение помещения, $t_{в}$, °C $F_{п}$, м^2	Данные по ограждающей конструкции				Коэффициент теплопередачи $1/R_{т}$, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	Разность температур $(t_{в} - t_{н})$, °C	Поправочный коэффициент n	Добавочные теплопотери β			Основные и добавочные потери теплоты Q , Вт	Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха $Q_{инф}$, Вт	Бытовые тепловыделения $Q_{б}$ ($1 - \eta$), Вт	Общие потери теплоты помещения $Q_{о}$, Вт
		Наименование ограждения	Ориентация по сторонам света	Расчетные размеры, м	Площадь F , м^2				На ориентацию	другие	Суммарный коэффициент добавок $(1 + \beta)$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	офис $t_{в} = 18 \text{ °C}$ $F = 16,7 \text{ м}^2$	нс	з	6,48×3,55	24,9	0,31	39	1	0,05	0,05	1,1	332	795	405	1214
		нс	с	3,6×3,55	10,9	0,31	39	1	0,1	0,05	1,15	151			
		то	с	2×1,5	3,0	1	39	1	0,1	0,05	1,15	135			
		пл	-	3×5,88	17,6	0,4	39	0,75	0	0	1	206			
102	офис $t_{в} = 18 \text{ °C}$ $F = 9,9 \text{ м}^2$	нс	с	3×3,55	9,3	0,31	39	1	0,1	0	1,1	124	530	270	683
		то	с	1,5×1,5	2,3	1	39	1	0,1	0	1,1	97			
		пл		3,66×3	11,0	0,4	39	0,75	0	0	1	128			
		пл		2,22×3	6,7	0,4	37	0,75	0	0	1	74			
	Коридор $t_{в} = 16 \text{ °C}$											Σ423			

Примечание – Подсчет площадей наружных стен производят с вычетом площади окон

3 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В курсовой работе необходимо запроектировать вертикальную систему водяного отопления с искусственной циркуляцией (двухтрубную или однотрубную) с верхней или нижней разводкой подающих магистралей. Тип системы отопления указан в задании на проектирование.

Задачей конструирования системы водяного отопления является правильное размещение отопительных приборов, стояков, магистралей, устройств для удаления воздуха из системы, запорно-регулирующей арматуры, назначение уклонов труб, места расположения теплового пункта в подвале здания.

В системах с верхней разводкой подающие магистрали прокладываются на чердаке на расстоянии $1 \div 1,5$ м от наружных стен, обратные – в подвале, при отсутствии подвала – в подпольном канале. В системах с нижней разводкой прокладка подающих и обратных магистралей осуществляется совместно в подвале, при отсутствии подвала – в подпольном канале. Магистрали прокладывают с уклоном не менее 0,002. В зданиях шириной до 9 метров магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси. В зданиях шириной более 9 метров рационально использовать две разводящие магистрали вдоль каждой фасадной стены (рисунок 3).

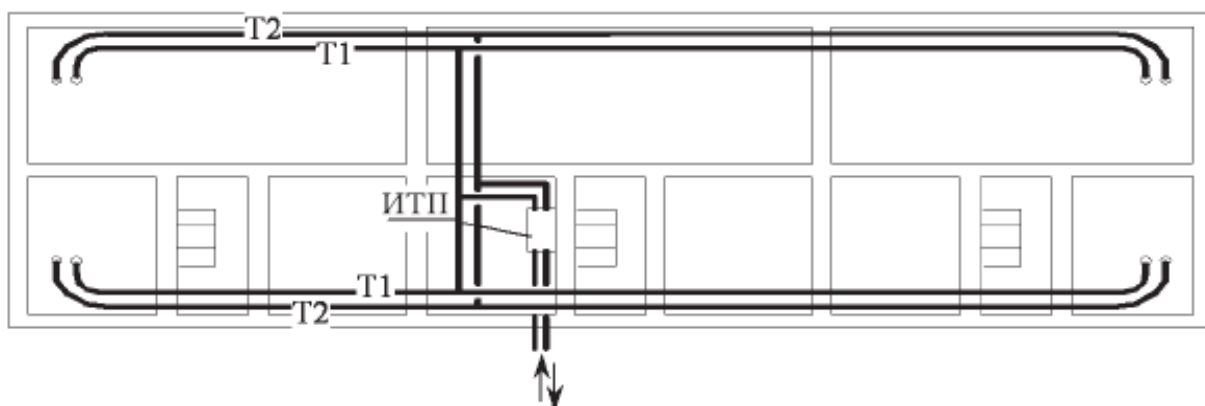


Рисунок 3 – Расположение магистралей тупиковой системы отопления с нижней разводкой

Целесообразно разделить систему отопления на две или более частей (ветвей) одинаковой длины и с примерно равными тепловыми нагрузками.

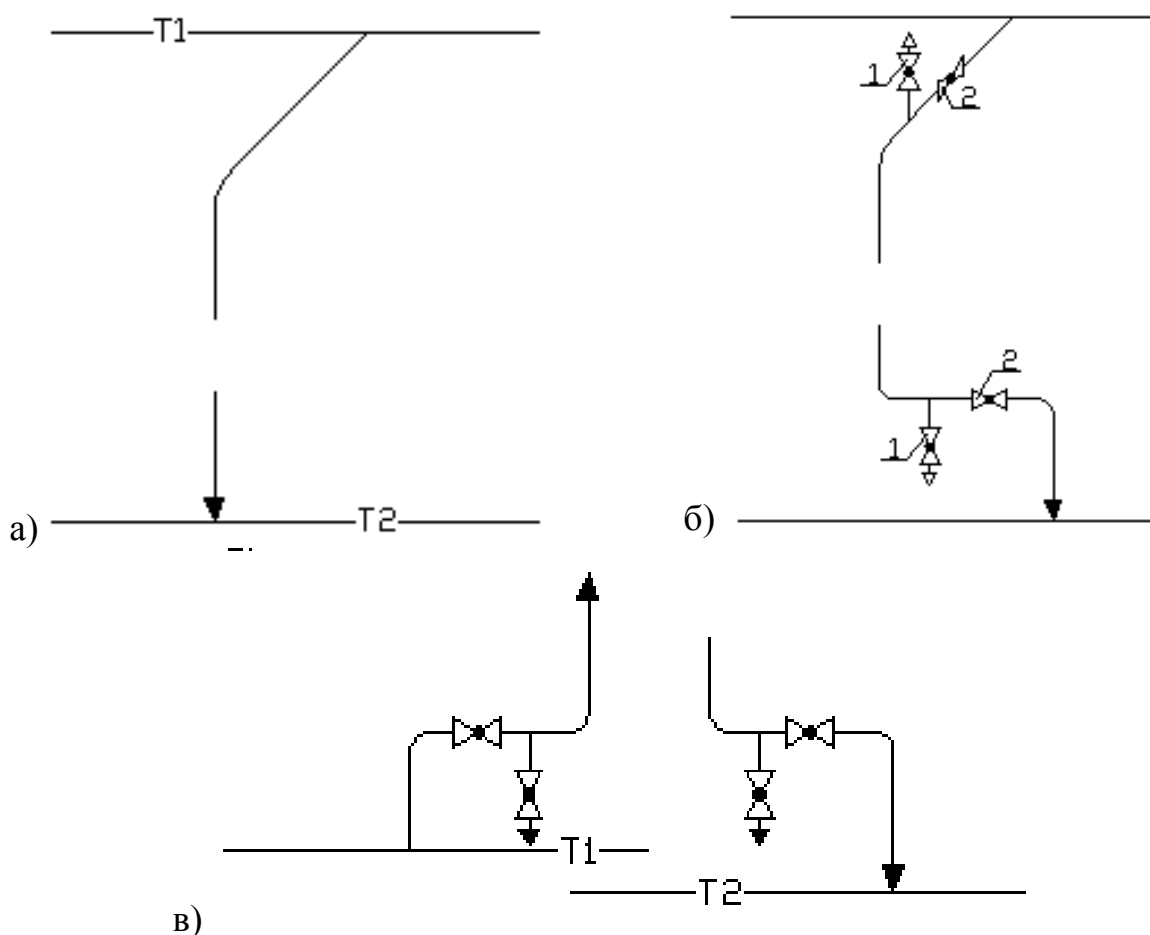
Главный стояк систем отопления с верхней разводкой размещают во вспомогательных помещениях (например, в коридоре или лестничной клетке). Отопительные стояки, как правило, располагаются у наружных стен. В угловых помещениях их следует располагать в углах, образованных наружными стенами, чтобы предохранить углы от сырости и промерзания.

Удаление воздуха из системы водяного отопления предусматривают в верхних точках системы. Для выпуска воздуха из системы с верхней разводкой магистралей на подающих магистралях в верхних точках устанавливают автоматические воздухоотводчики или проточные воздухоотборники. В системах

с нижней разводкой обеих магистралей для этих целей предусматривают воздухоотводчики, чаще всего ручные, устанавливаемые в верхней пробке прибора верхнего этажа.

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из полимерных, металлополимерных, стальных и медных труб. В курсовой работе необходимо запроектировать систему отопления из стальных труб. Прокладка стальных и медных трубопроводов систем отопления должна предусматриваться открытой. Тепловую изоляцию следует предусматривать для трубопроводов систем отопления, прокладываемых в неотапливаемых помещениях, а также в местах, где возможно замерзание теплоносителя. Трубопроводы в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок следует прокладывать в гильзах из негорючих материалов.

Компенсация удлинения стояков в зданиях до 4 этажей обеспечивается естественными их изгибами в местах присоединения к подающим магистралям. В 4–7 этажных зданиях однотрубные стояки изгибают не только в местах присоединения к подающей, но и к обратной магистрали. Схемы присоединения стояков к магистралям показаны на рисунке 4.



1 – спускной кран, 2 – запорный кран

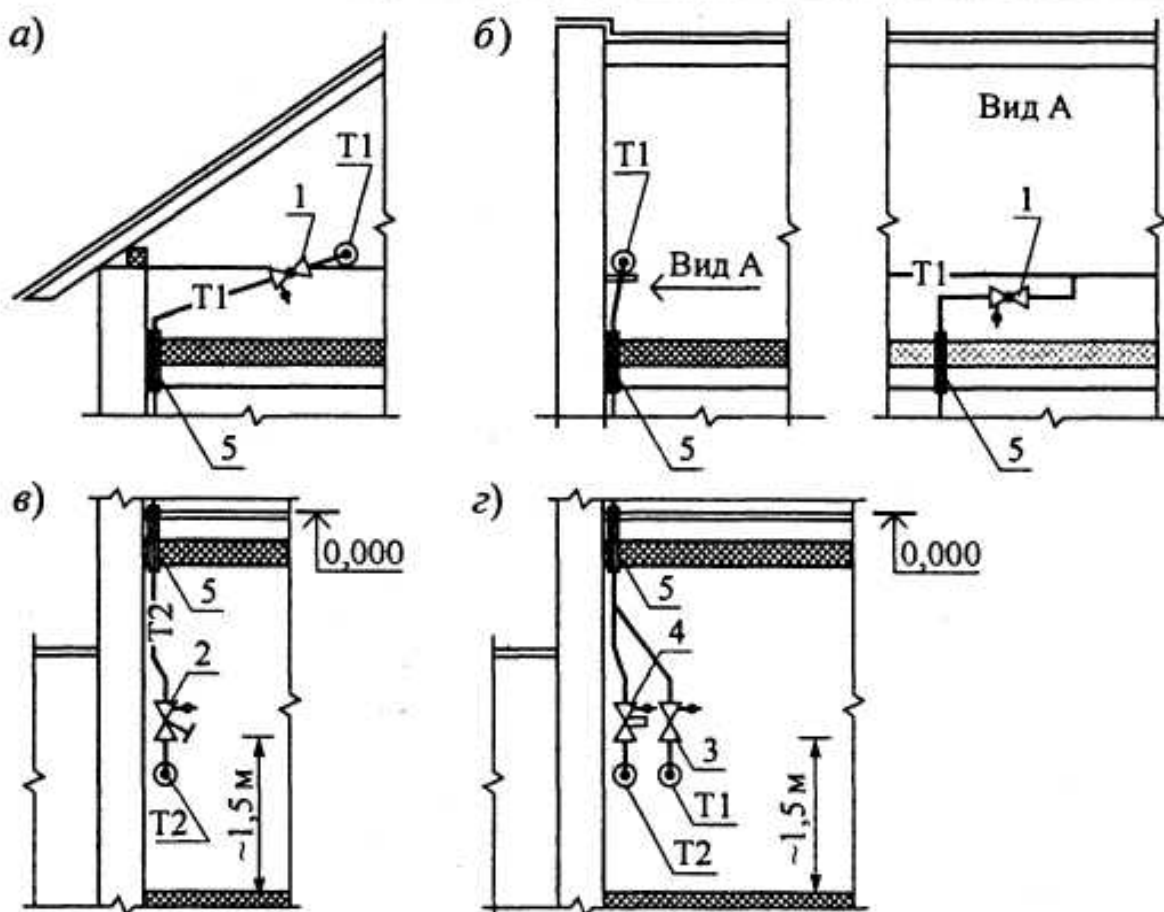
а) двух-трехэтажных; б) четырех-семиэтажных с верхней разводкой; в) с нижней разводкой

Рисунок 4 – Схемы присоединения стояков к магистралям зданий различной этажности

Запорную арматуру следует предусматривать для отключения и спуска воды от отдельных колец, ветвей и стояков систем отопления. Установка запорной арматуры не обязательна на стояках в зданиях с числом этажей три и менее. В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения и заполнения водой. На каждом стояке, на котором устанавливается арматура, следует предусматривать запорную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов (см. рисунок 4).

Уклоны трубопроводов необходимы для обеспечения движения воздуха к местам его удаления в подающих магистралях при верхней разводке и самотечного слива воды из подающих и отводящих магистралей при нижней разводке и отводящих магистралей при верхней разводке. Уклоны трубопроводов следует принимать не менее 0,002 (рекомендуется 0,003). Трубопроводы допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

Некоторые элементы конструкции систем отопления показаны на рисунке 5.



1 – кран шаровой, 2 – клапан балансировочный,

3 – кран шаровой для слива воды из стояка, 4 – клапан балансировочный (или регулятор перепада давления для двухтрубной системы), 5 – гильза

а) подсоединение стояка к подающей магистрали на чердаке с двухскатной кровлей;
 б) то же – с плоской кровлей; в) подсоединение стояка к обратной магистрали в подвале;
 г) подсоединение стояков при нижней разводке

Рисунок 5 – Некоторые элементы конструкции систем отопления

В качестве отопительных приборов в жилых зданиях используют радиаторы или конвекторы.

Отопительные приборы следует размещать, как правило, под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длина отопительного прибора должна быть не менее 75 % длины светового проема. Если приборы под окнами разместить нельзя, то допускается их установка у наружных или внутренних стен, ближе к наружным. При таком размещении движение восходящего теплового воздуха от отопительных приборов препятствует образованию ниспадающих холодных потоков от окон и холодных поверхностей стен и попаданию их в рабочую зону.

Полная высота отопительного прибора должна быть меньше расстояния от чистого пола до низа подоконной доски (или низа оконного проема при ее отсутствии) на величину не менее 110 мм. Отопительные приборы в жилых зданиях следует устанавливать ближе к полу помещений на расстоянии 60–100 мм от пола. Это позволяет обеспечивать равномерный прогрев воздуха у поверхности пола и в рабочей зоне.

В лестничных клетках зданий до 12 этажей отопительные приборы размещают на первом этаже на уровне входных дверей; в тамбуре установка приборов и прокладка трубопроводов недопустима во избежание замерзания воды в них. В случае невозможности размещения всех приборов рядом с входными дверями в лестничной клетке часть их переносят на площадку между 1 и 2 этажами.

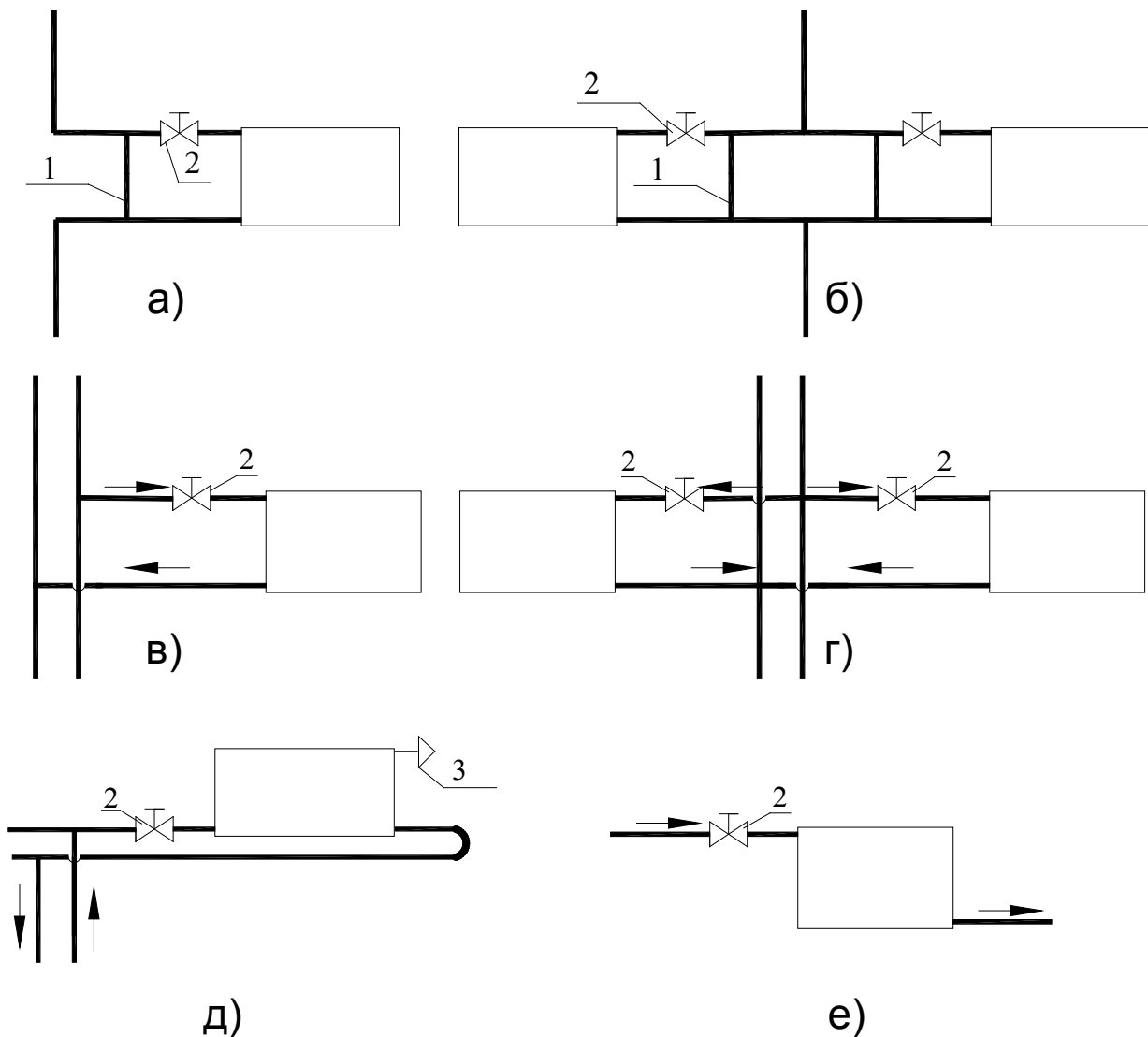
Присоединение отопительных приборов к стоякам системы отопления может быть с одной стороны (рисунки ба, бв) и с двух сторон (рисунки бб, бг). Варианты присоединения отопительных приборов к стоякам вертикальных систем отопления показаны на рисунке б.

Присоединение отопительных приборов к стоякам системы отопления может быть односторонним (рисунок бе), разносторонним (рисунок бж) и нижним (рисунок бз).

Присоединение отопительных приборов, располагаемых у наружных углов помещений и в лестничных клетках, следует предусматривать одностороннее. Для отопительных приборов в лестничной клетке предусматривается отдельный стояк, к которому не присоединяются приборы других помещений.

Разностороннее присоединение применяется в случаях, когда отопительный прибор состоит из 25 и более секций радиаторов или имеет длину более 2 метров.

Для регулирования температуры воздуха в помещениях у отопительных приборов следует устанавливать ручную или автоматическую регулирующую арматуру, кроме приборов лестничных клеток. В курсовой работе в качестве примера необходимо запроектировать ручные регулировочные вентили с возможностью гидравлической настройки (для двухтрубных систем) или без нее (для однострунных систем).



1 – смещенный замыкающий участок,
 2 – регулировочный вентиль ручной, 3 – воздухоотводчик ручной
 а) и б) однотрубных; в) и г) двухтрубных; д) к верхним приборам стояков
 с нижней разводкой магистралей двухтрубной системы;
 е) разносторонне присоединение при большой длине прибора

**Рисунок 6 – Присоединение отопительных приборов
 к стоякам вертикальных систем отопления**

Отопительные приборы на планах здания изображают линией толщиной 1 мм и длиной 10 мм, независимо от количества секций в приборе, а на схеме системы отопления – прямоугольниками, длина которых должна соответствовать принятой на планах, а высота – действительной высоте (в масштабе) приборов. Конструирование системы заканчивают вычерчиванием схемы системы отопления с нанесением тепловых нагрузок отопительных приборов и расчетных участков циркуляционных колец.

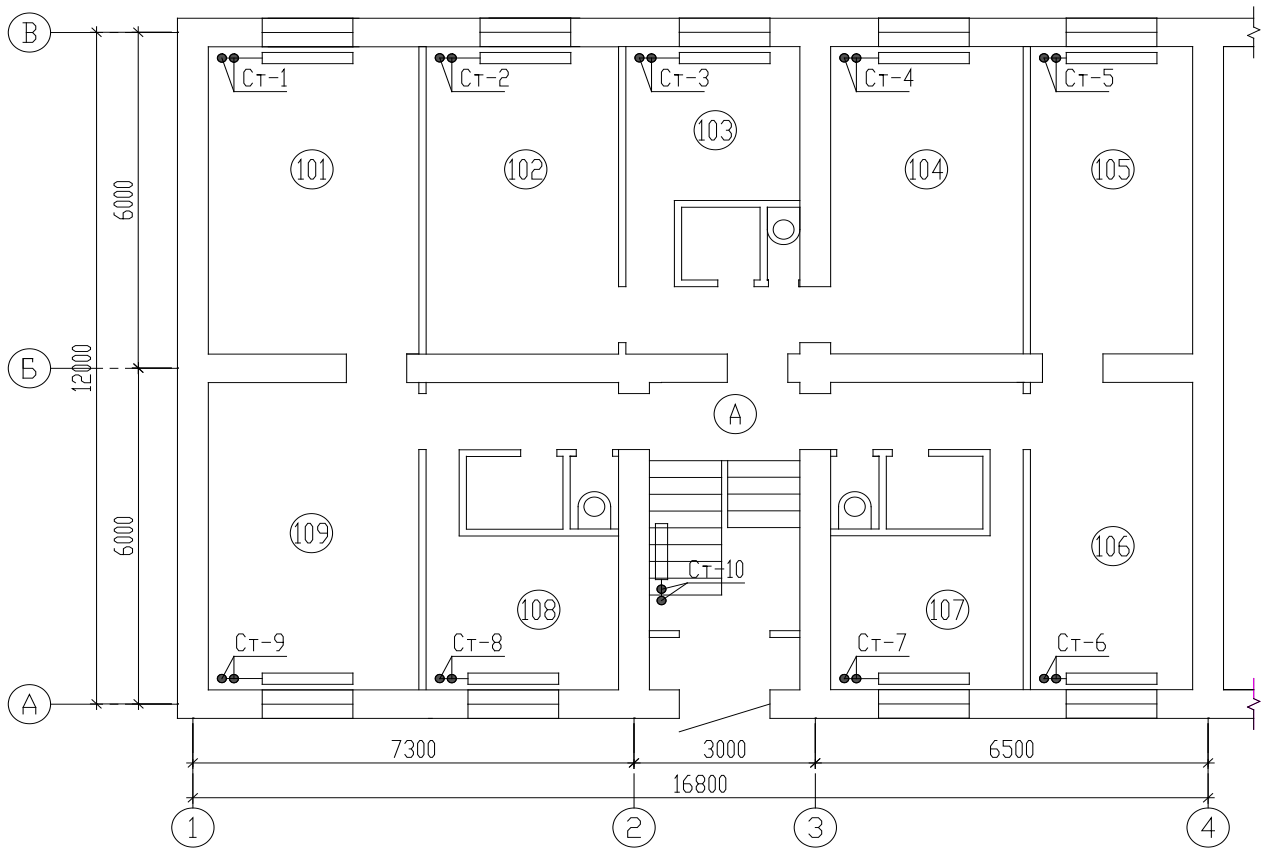


Рисунок 7 – Пример расположения элементов системы отопления с нижней разводкой на плане этажа

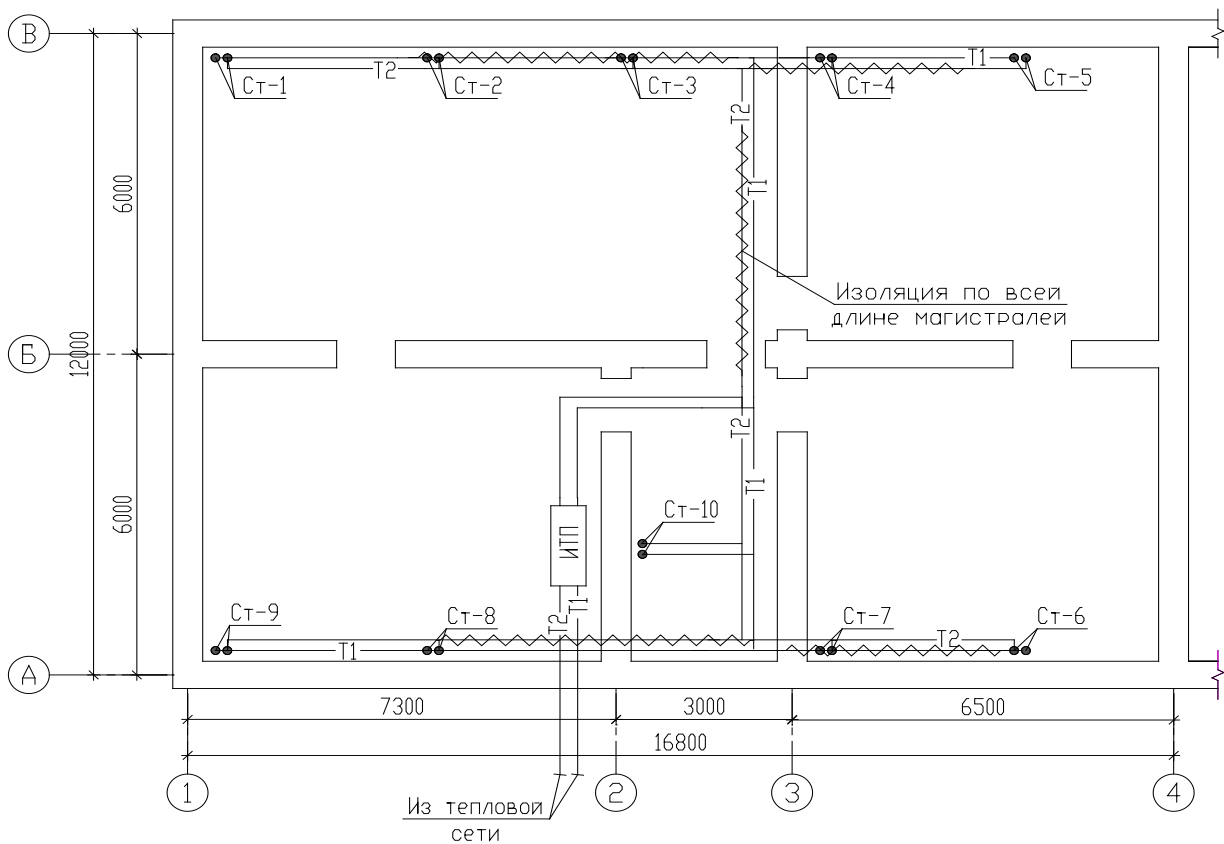


Рисунок 8 – Пример расположения элементов системы отопления с нижней разводкой на плане подвала

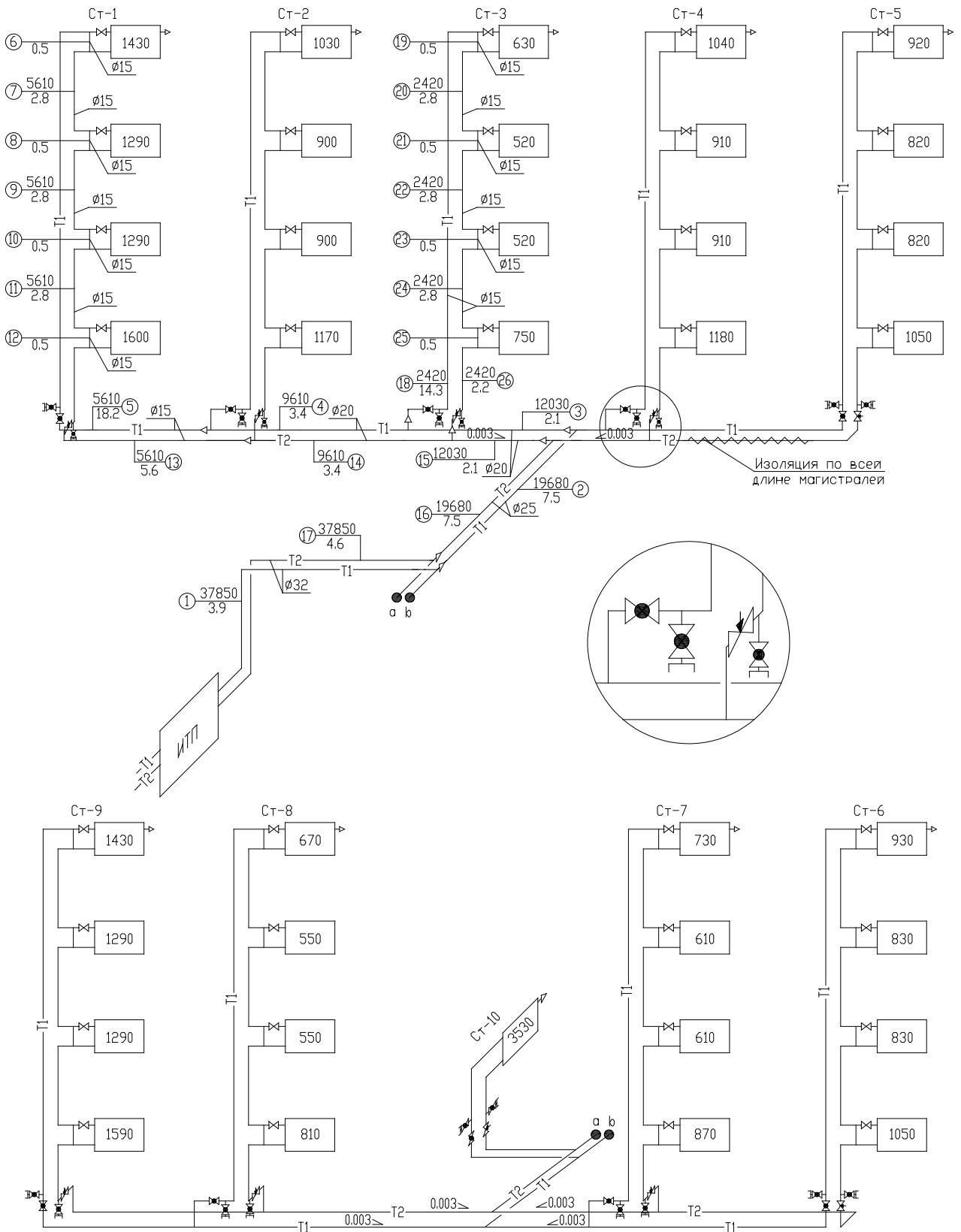


Рисунок 9 – Аксонометрическая схема системы отопления с нижней разводкой

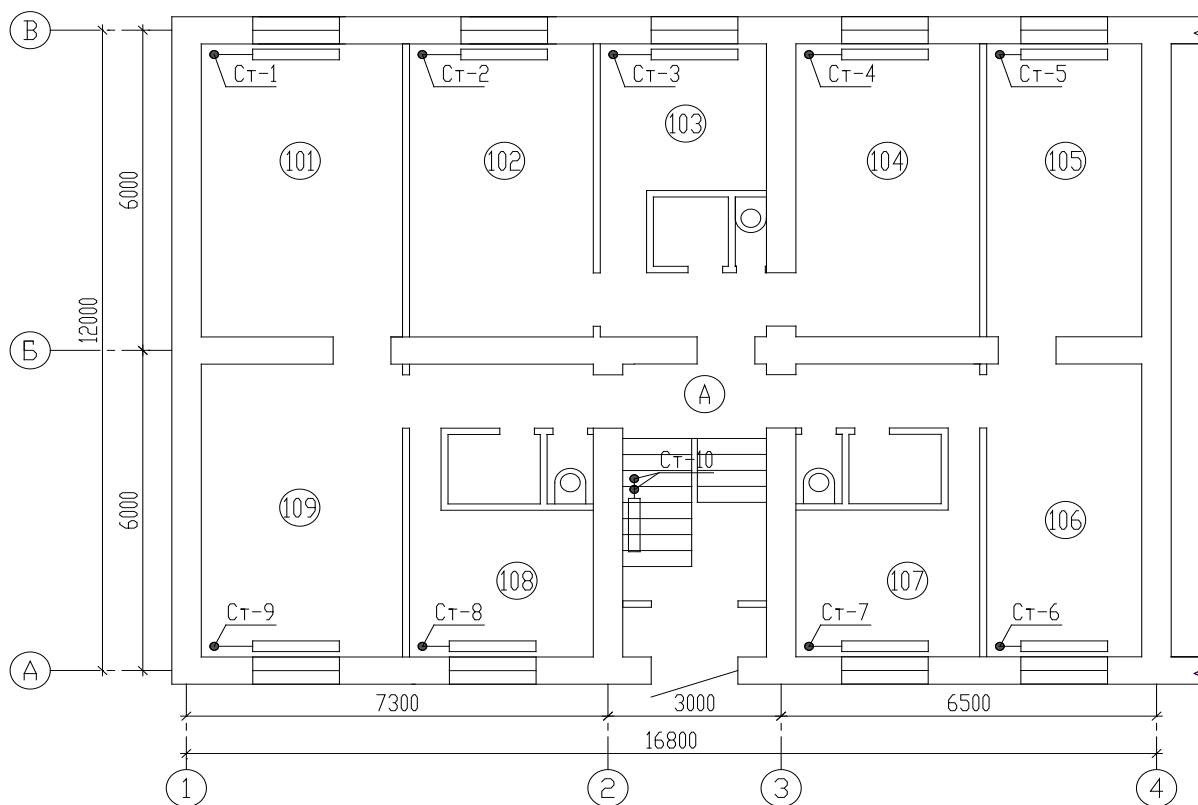


Рисунок 10 – Пример расположения элементов системы отопления с верхней разводкой на плане этажа

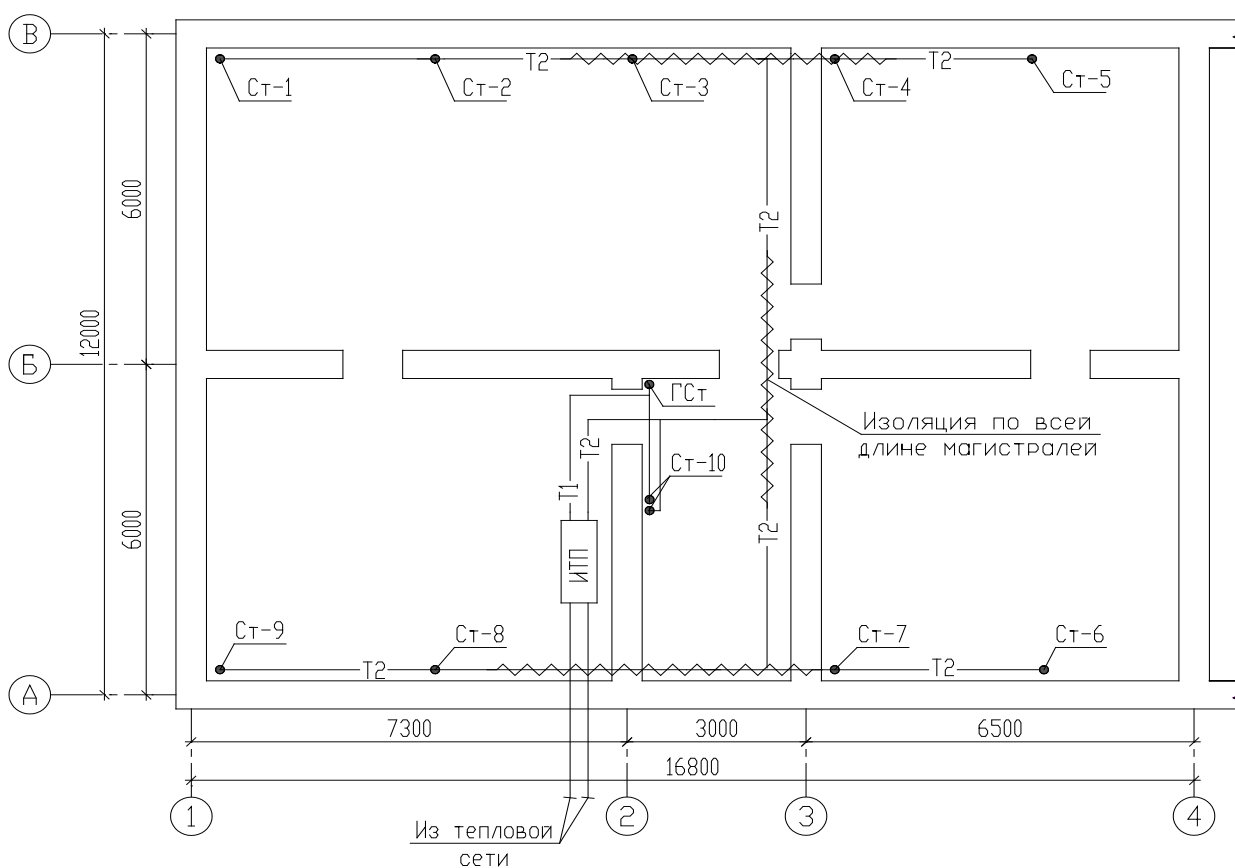


Рисунок 11 – Пример расположения элементов системы отопления с верхней разводкой на плане подвала

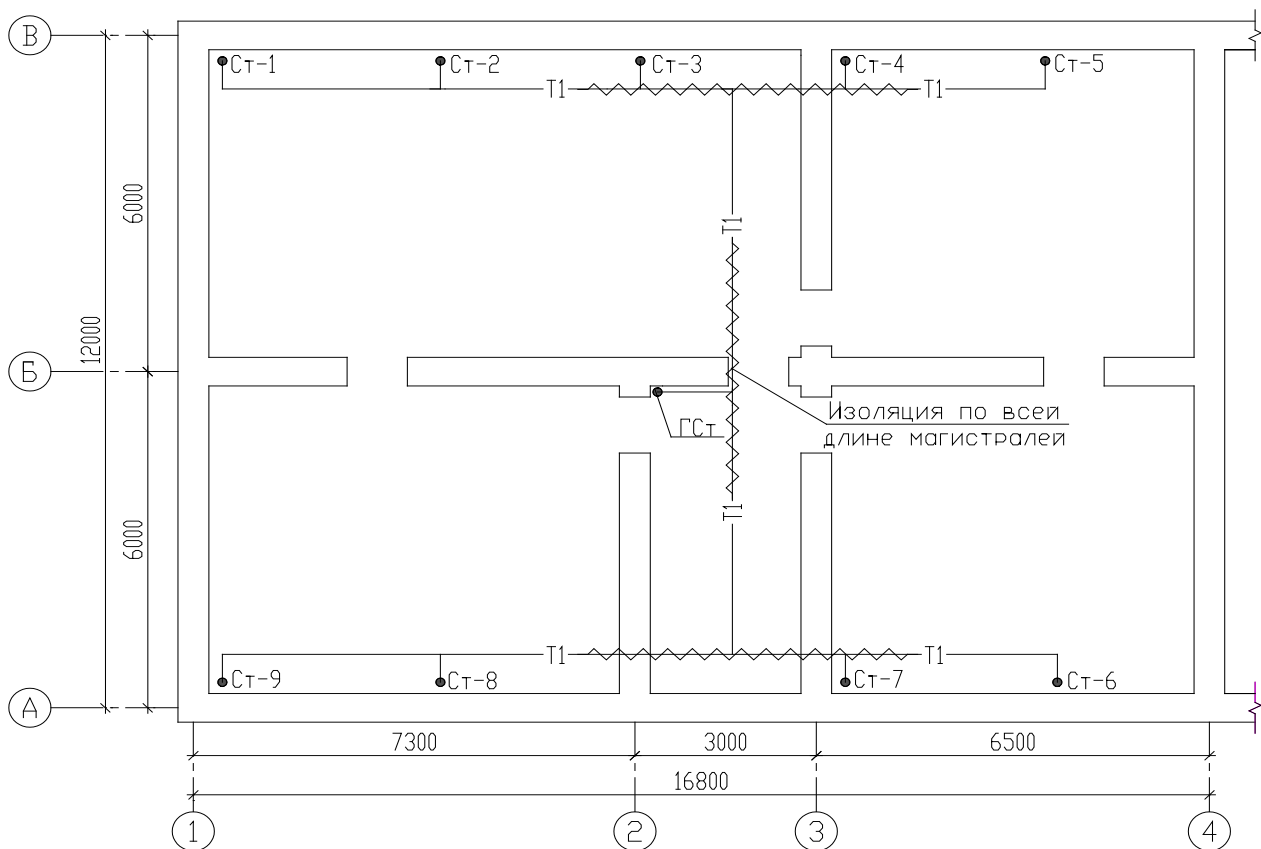


Рисунок 12 – Пример расположения элементов системы отопления с верхней разводкой на плане чердака

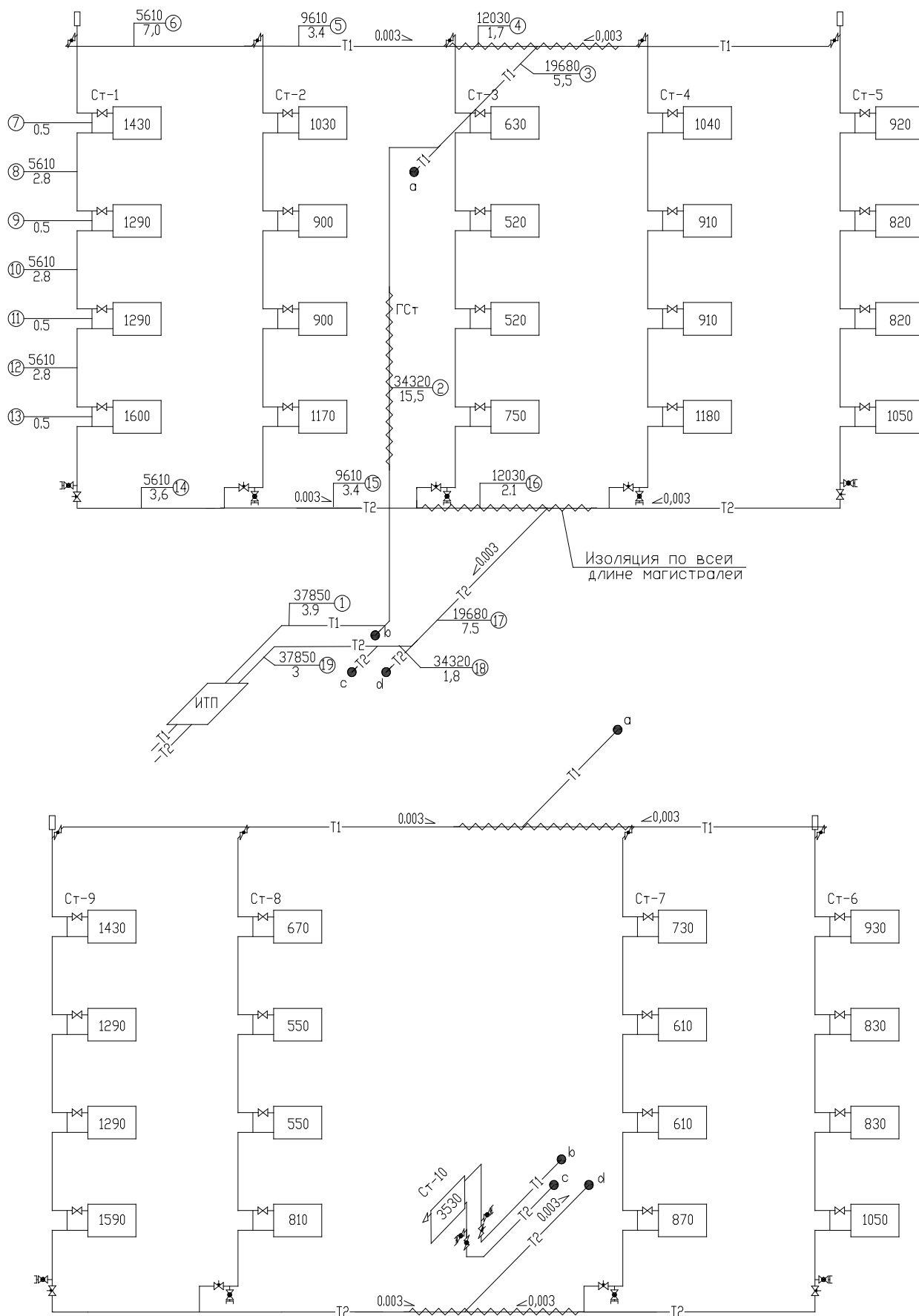


Рисунок 13 – Аксонометрическая схема системы отопления с верхней разводкой

4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Цель гидравлического расчета – подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные и балансировочные клапаны при условии использования располагаемого перепада давления на вводе для обеспечения стабильности и бесшумности работы системы отопления, минимизации эксплуатационных и капитальных затрат. Гидравлический расчет основан на законах гидравлики: при движении воды по трубам существуют потери давления на преодоление трения по длине трубопроводов и в местных сопротивлениях.

Гидравлический расчет выполняют по аксонометрической схеме трубопроводов системы отопления. На схеме находят циркуляционные кольца, делят их на участки, наносят тепловые нагрузки каждого отопительного прибора, равные тепловой расчетной нагрузке помещения Q_0 (При наличии двух и более отопительных приборов в помещении необходимо разделить величину расчетной нагрузки Q_0 между ними).

Каждое циркуляционное кольцо системы отопления – это замкнутый контур последовательных участков. Участок – одна или несколько труб с одним и тем же расходом теплоносителя. В однотрубной системе отопления количество циркуляционных колец равно числу стояков, а в двухтрубной – количеству отопительных приборов.

В качестве главного (основного) расчетного циркуляционного кольца принимается:

- в системах с тупиковым движением теплоносителя в магистралях: для однотрубных систем – кольцо через наиболее нагруженный из самых удаленных стояков, для двухтрубных систем – кольцо через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного из самых удаленных стояков. Затем выполняется расчет остальных циркуляционных колец;
- в системах с попутным движением теплоносителя в магистралях: для однотрубных систем – кольцо через наиболее нагруженный стояк, для двухтрубных систем – кольцо через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного стояка.

Диаметры труб и потери давления в кольце определяются по задаваемому оптимальному значению удельных потери давления на каждом участке циркуляционного кольца. Скорость теплоносителя в горизонтально расположенных трубах следует принимать не ниже 0,25 м/с для обеспечения удаления воздуха из них. Оптимальная расчетная скорость движения воды для стальных труб – до 0,3...0,7 м/с, удельные потери давления на трение R не более 100...200 Па/м.

Пример 2

Выполнить гидравлический расчет однотрубной системы отопления с нижней разводкой, аксонометрическая схема которой представлена на рисунке 9. В качестве регулирующей арматуры установлены двухходовые ручные вентили Herz-GP фирмы «ГЕРЦ Арматурен». В системе установлены чугунные радиаторы. Температура теплоносителя на подаче $t_p = 95^\circ\text{C}$, на обратке $t_o = 70^\circ\text{C}$.

Последовательность расчета

1. На аксонометрическую схему системы отопления наносятся тепловые нагрузки радиаторов (равные теплотерям помещения).

2. Разбивается циркуляционное кольцо на участки. Циркуляционное кольцо проходит через замыкающие участки.

3. Определяется тепловая нагрузка на каждом участке.

4. Определяются расходы воды на участках по формуле

$$G = \frac{0,86 \cdot Q_{уч} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{(t_r - t_o)}, \text{ кг/ч}, \quad (5)$$

где $Q_{уч}$ – тепловая нагрузка на расчетном участке, Вт;

t_r – температура теплоносителя в подающем теплопроводе, °С;

t_o – температура теплоносителя в обратном теплопроводе, °С;

β_1 – коэффициент, принимаемый равным 1,03;

β_2 – коэффициент, принимаемый равным 1,02.

5. По расходам воды на участках и по величине оптимальной удельных потерь давления подбираем диаметры труб по таблицам для гидравлического расчета, выписывая для этих диаметров величину удельных потерь давления $R_{уд}$, Па/м и скорость движения воды v , м/с.

6. Рассчитываются потери давления на трение, Па, по формуле

$$\Delta P_{тр} = L_{уч} \cdot R_{уд}, \text{ Па}, \quad (6)$$

где $L_{уч}$ – длина участка, м;

$R_{уд}$ – удельные потери давления, Па/м.

7. Определяются местные сопротивления на участках и подсчитываются суммы коэффициентов местных сопротивлений.

8. Рассчитываются потери давления в местных сопротивлениях, Па, по формуле

$$\Delta P_M = \Sigma \xi \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho, \text{ Па}, \quad (7)$$

где $\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

v – скорость движения воды на участке, м/с.

ρ – плотность воды, кг/м³

9. Потери давления на балансировочных клапанах и регулировочных вентилях определяются по номограммам изготовителя или при известном значении пропускной способности элемента k_v (k_{vS}) по формуле:

$$\Delta P_A = 0,1 \cdot \left(\frac{G}{k_v} \right)^2, \text{ Па}, \quad (8)$$

где G – расход воды на участке, кг/ч;

k_v – пропускная способность (по каталогу изготовителя), м³/ч.

10. Определяются суммарные потери давления на участке

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_M + \Delta P_A . \quad (9)$$

Таблица 2 – Расчет местных сопротивлений для главного циркуляционного кольца

№ участка	Наименование сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Сумма коэффициентов местных сопротивлений
1	2 Отвода Ø32	2*1	2
2	Тройник на ответвление Внезапное сужение	1,5 0,5	2
3	Тройник на ответвление Внезапное сужение	1,5 0,5	2
4	Тройник проходной	1	1
5	2 Отвод Ø15 Тройник проходной Шаровой кран Внезапное сужение	2*1,5 1 1 0,5	5,5
6	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
7	2 отводов Ø15	2*1,5	3
8	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
9	2 отводов Ø15	2*1,5	3
10	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
11	2 отводов Ø15	2*1,5	3
12	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
13	4 отвода Ø15 Тройник проходной Внезапное расширение	4*1,5 1 1	8
14	Тройник на проходе	1	1
15	Тройник на слиянии Внезапное расширение	3 1	4
16	Тройник на слиянии Внезапное расширение	3 1	4
17	2 Отвода Ø32	2*1	2

Таблица 3 – Расчет местных сопротивлений для второстепенного циркуляционного кольца

№ участка	Наименование сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Сумма коэффициентов местных сопротивлений
18	Тройник на ответвление Шаровой кран 3 Отвода Ø15 Внезапное сужение	1*1,5 1 3*1,5 0,5	7,5
19	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
20	2 отвода Ø15	1,5*2	3
21	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
22	2 отвода Ø15	1,5*2	3
23	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
24	2 отвода Ø15	1,5*2	3
25	Тройник на ответвление Тройник на слиянии	1,5 3	4,5
26	3 отвода Ø15 Тройник на слиянии Внезапное расширение	1,5*3 1,5 1	7

Таблица 4 – Гидравлический расчет главного циркуляционного кольца однетрубной системы отопления

№ участка	Тепловая нагрузка Q _{уч} , Вт	Расход воды G, кг/ч	Длина участка, L _{уч} , м	Диаметр, мм	Скорость движения воды v, м/с	Удельная потеря давления, R _{уд} , Па/м	Потери давления на трение, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений	Потери давления в регулирующей и балансировочной арматуре, Па	Потери давления в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	37850	1367	3,9	32	0,381	70,74	275,9	2	0	145,2	421,0
2	19680	711	7,5	25	0,344	88,1	660,8	2	0	118,3	779,1
3	12030	435	2,1	20	0,336	102,56	215,4	2	0	112,9	328,3
4	9610	347	3,4	20	0,268	68,52	233,0	1	0	35,9	268,9
5	5610	203	18,2	15	0,298	122,67	2232,6	5,5	0	244,2	2476,8
6		134	0,5	15	0,199	56,15	28,1	4,5	0	89,1	117,2
7	5610	203	2,8	15	0,298	122,67	343,5	3	0	133,2	476,7
8		134	0,5	15	0,199	56,15	28,1	4,5	0	89,1	117,2
9	5610	203	2,8	15	0,298	122,67	343,5	3	0	133,2	476,7
10		134	0,5	15	0,199	56,15	28,1	4,5	0	89,1	117,2
11	5610	203	2,8	15	0,298	122,67	343,5	3	0	133,2	476,7
12		134	0,5	15	0,199	56,15	28,1	4,5	0	89,1	117,2
13	5610	203	5,6	15	0,298	122,67	687,0	8	3171	355,2	4213,2
14	9610	347	3,4	20	0,268	68,52	233,0	1	0	35,9	268,9
15	12030	435	2,1	20	0,336	102,56	215,4	4	0	225,8	441,2
16	19680	711	7,5	25	0,344	88,1	660,8	4	0	236,7	897,4
17	37850	1367	2,5	32	0,381	70,74	176,9	2	0	145,2	322,0
Итого по главному циркуляционному кольцу											12315,5

Примечание – Расход воды на замыкающих участках 6, 8, 10, 12 при $\alpha = 0,34$ (см. приложение 6) равен $G_{з.уч.} = (1 - \alpha) \cdot G_{СТ} = (1 - 0,34) \cdot 203 = 134$ кг/ч.

Рассчитаем необходимое значение пропускной способности k_v для РБК главного циркуляционного кольца, принимая во внимание, что для возможности выполнения наладки системы водяного отопления минимальные потери на РБК не должны быть менее 3 кПа.

$$k_v = \frac{G}{\sqrt{10 \cdot \Delta P}} = \frac{203}{\sqrt{10 \cdot 3000}} = 1,17 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По приложению 5 методических указаний принимаем РБК марки «Штремакс 4017М» фирмы «ГЕРЦ Арматурен» диаметром 15 мм с настройкой «2,3».

Фактические потери давления на РБК составят

$$\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{G}{k_v} \right)^2 = 0,1 \cdot \left(\frac{203}{1,14} \right)^2 = 3171 \text{ Па}.$$

Таблица 5 – Гидравлический расчет второстепенного циркуляционного кольца однотрубной системы отопления

№ участка	Тепловая нагрузка $Q_{уч}$, Вт	Расход воды G , кг/ч	Длина участка, $L_{уч}$, м	Диаметр, мм	Скорость движения воды v , м/с	Удельная потеря давления, $R_{уд}$, Па/м	Потери давления на трение, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений	Потери давления в регулирующей и балансировочной арматуре, Па	Потери давления в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
18	2420	87	13,2	15	0,123	25,71	339,4	7,5	0	56,7	396,1
19		57	0,5	15	0,084	9	4,5	4,5	0	15,9	20,4
20	2420	87	2,8	15	0,123	25,71	72,0	3	0	22,7	94,7
21		57	0,5	15	0,084	9	4,5	4,5	0	15,9	20,4
22	2420	87	2,8	15	0,123	25,71	72,0	3	0	22,7	94,7
23		57	0,5	15	0,084	9	4,5	4,5	0	15,9	20,4
24	2420	87	2,8	15	0,123	25,71	72,0	3	0	22,7	94,7
25		57	0,5	15	0,084	9	4,5	4,5	0	15,9	20,4
26	2420	87	2,1	15	0,123	25,71	54,0	7	0	53,0	106,9
Итого по второстепенному циркуляционному кольцу											868,6

Примечание – Расход воды на замыкающих участках 19, 21, 23, 25 при $\alpha = 0,34$ равен $G_{з.уч} = (1 - \alpha) \cdot G_{СТ} = (1 - 0,34) \cdot 87 = 57 \text{ кг/ч}$.

Необходимые потери давления на балансировочном клапане второстепенного циркуляционного кольца:

$$\Delta P_{РБК} = \Delta P_{4-14} - \Delta P_{18-26} = 9126,5 - 868,6 = 8257,9 \text{ Па}.$$

Рассчитаем необходимое значение пропускной способности k_v для РБК второстепенного циркуляционного кольца:

$$k_v = \frac{G}{\sqrt{10 \cdot \Delta P}} = \frac{87}{\sqrt{10 \cdot 8257,9}} = 0,303 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По приложению 5 методических указаний принимаем РБК марки «Штремакс 4017М» фирмы «ГЕРЦ Арматурен» диаметром 15-LF с настройкой «2,7».

Фактические потери давления на РБК составят

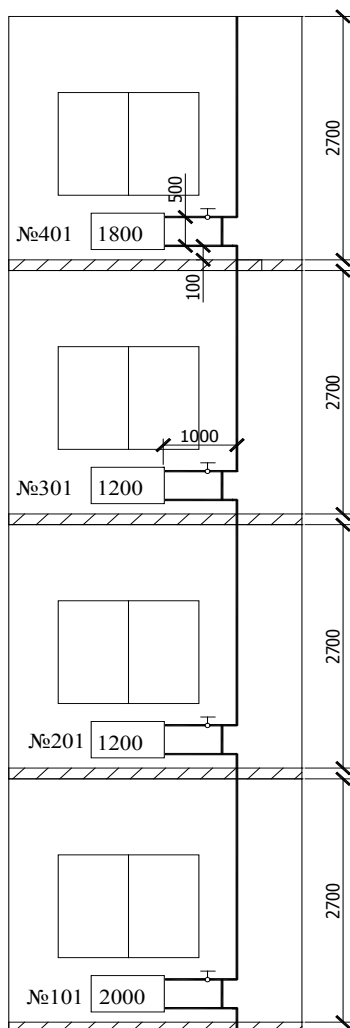
$$\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{G}{k_v} \right)^2 = 0,1 \cdot \left(\frac{87}{0,3} \right)^2 = 8410 \text{ Па.}$$

5 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

Целью теплового расчета является выбор типа и количества секций (или размера) отопительного прибора. Исходные данные для расчета: тепловая нагрузка прибора, принимаемая равной потерям теплоты помещения за вычетом теплоотдачи теплопроводов, проложенных в этом помещении, расчетные температуры воды t_{Γ} , t_0 , °С, температура воздуха в отапливаемом помещении, t_B , °С.

Пример 3

Определить количество секций чугунных радиаторов 2КП100-90x500 (вариант 2 – марку стального панельного радиатора «Лидея») для стояка однотрубной системы водяного отопления (рисунок 14). Температура воды в подающей магистрали $t_{\Gamma} = 95$ °С, температура обратной воды $t_0 = 70$ °С, температура воздуха в комнате 101÷401 $t_B = 18$ °С. Длина теплоизолированных магистралей от теплового пункта до рассматриваемого стояка – 26 м, диаметр магистралей 25,32 мм по результатам гидравлического расчета; стояка и подвоек – 20 мм, смещенного замыкающего участка – 15 мм.



Решение

Суммарное понижение температуры горячей воды на участках подающих теплоизолированных магистралей от теплового пункта до рассматриваемого стояка составляет:

$$\sum \Delta t_M = \Delta t_M \cdot L_M = 26 \cdot 0,04 = 1,04 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (10)$$

Ориентировочные значения понижения температуры 1 м изолированной подающей магистрали

d_y , мм	25–40	50
Δt_M , °С/м	0,04	0,03

Температура горячей воды на входе в рассматриваемый стояк

$$t_{\Gamma} = t_2 - \sum \Delta t_M = 95 - 1,04 = 93,96 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 94 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (11)$$

Рисунок 14 – Схема стояка к примеру 3

Расход воды в стояке вычисляем по формуле

$$G_{ст} = \frac{0,86 \cdot Q_{ст} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{t_{п} - t_o}, \quad (12)$$

где $Q_{ст}$ – тепловая нагрузка стояка (сумма нагрузок всех отопительных приборов на стояке), Вт;

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины [5, табл. 3.1], [7, табл. 4.1].

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами у наружных ограждений [5, табл. 3.2], [7, табл.4.1].

$$G_{ст} = \frac{0,86 \cdot 6200 \cdot 1,03 \cdot 1,02}{94 - 70} = 233,4 \text{ кг/ч.}$$

Температура воды, поступающей в нагревательный прибор:

$$t_{вх} = t_{п} - \frac{\sum Q_{пр_i}}{Q_{ст}} \cdot (t_{п} - t_o), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (13)$$

где $\sum Q_{пр_i}$ – суммарная тепловая нагрузка всех отопительных приборов стояка, расположенных выше рассматриваемого прибора при подаче воды по схеме "сверху-вниз", а по схеме "снизу-вверх" – ниже рассматриваемого прибора, считая по направлению движения воды, Вт;

Средняя температура воды в отопительном приборе:

$$t_{ср}^{пр} = t_{вх} - \frac{0,43 \cdot Q_{пр_i} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{\alpha \cdot G_{ст}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (14)$$

где $Q_{пр_i}$ – тепловая нагрузка прибора, Вт;

α – коэффициент затекания воды в прибор. Принимается по приложению 6 методических указаний.

Температурный напор:

$$\Delta t_{ср} = t_{ср}^{пр} - t_{в}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (15)$$

Коэффициент приведения номинального теплового потока отопительного прибора к расчетным условиям:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{\Delta t_{н}} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p, \quad (16)$$

n и p – эмпирические показатели, принимаемые по каталогам производителей [5, табл. 10.3, 10.4];

Δt_H – номинальный температурный напор, равный 70°C – для приборов отечественного производства, 60°C или 50°C – для большинства импортных приборов (см. каталоги производителей).

Теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения теплопроводов (труб, стояка, ветви и подводок):

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} + q_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}}, \quad (17)$$

где $q_{\text{в}}$, $q_{\text{г}}$ – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м ([6, табл. П.22]);

$l_{\text{в}}$, $l_{\text{г}}$ – длина вертикальных и горизонтальных теплопроводов в пределах помещения, м,

при $94 - 18 = 76^\circ\text{C}$ и $87 - 18 = 69^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{401} = (83 \cdot 2,1 + 72 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 66) + (103 \cdot 1 + 92 \cdot 1) = 410 \text{ Вт};$$

при $87 - 18 = 69^\circ\text{C}$ и $82,4 - 18 = 64,4 \approx 64^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{301} = (72 \cdot 2,1 + 65 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 57) + (92 \cdot 1 + 83 \cdot 1) = 361 \text{ Вт};$$

при $82,4 - 18 = 64,4 \approx 64^\circ\text{C}$ и $77,7 - 18 = 59,7 \approx 60^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{201} = (65 \cdot 2,1 + 59 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 52) + (83 \cdot 1 + 77 \cdot 1) = 328 \text{ Вт};$$

при $77,7 - 18 = 59,7 \approx 60^\circ\text{C}$ и $70 - 18 = 52^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{201} = (59 \cdot 2,1 + 50 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 47) + (77 \cdot 1 + 64 \cdot 1) = 293 \text{ Вт}.$$

Расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_1 = Q_{\text{тр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 - 0,9 \cdot Q_{\text{тр}}, \text{ Вт} . \quad (18)$$

Номинальный требуемый тепловой поток:

$$Q_{\text{нт}} = \frac{Q_1 \cdot \beta_4}{\varphi}, \text{ Вт} , \quad (19)$$

β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении [5, табл. 10.2].

Расчетное число секций в радиаторе:

$$n_p = \frac{Q_{\text{нт}}}{q_n \cdot \beta_3}, \text{ шт} , \quad (20)$$

q_n – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, принимаемый по каталогу производителя, Вт/секц. Для радиатора 2КП100-90x500 - 140 Вт;

β_3 – коэффициент учета числа секций в одном радиаторе.

Число секций	до 15	16–20	21–25
β_3	1,0	0,98	0,96

Расчет для секционных радиаторов сведен в таблицу 6, для стальных панельных радиаторов – в таблицу 7.

Таблица 6 – Тепловой расчет однотрубной системы отопления с секционными радиаторами

№ помещения	Температура воздуха в помещении, °С	Тепловая нагрузка на прибор Q _{пр} , Вт	Суммарная тепловая нагрузка приборов, расположенных выше или ниже рассматриваемого $\sum Q_{пр}$, Вт	Температура входящей воды в прибор, °С	Поправочный коэффициент β_1	Поправочный коэффициент β_2	Коэффициент затекания воды α	Средняя температура воды в приборе, °С	Температурный напор, °С	Коэффициент приведения φ	Теплоотдача открыто расположенных трубопроводов Q _{тр} , Вт	Расчетный требуемый тепловой поток Q ₁ , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток Q _н , Вт	Поправочный коэффициент β_4	Поправочный коэффициент β_3	Расчетное число секций n _р шт	Установочное число секций n _у шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
401	18	1800	0	94	1,03	1,02	0,34	83,75	65,8	0,92	410	1522	1684	1	1,02	12,03	12
301	18	1200	1800	87,0	1,03	1,02	0,34	80,20	62,2	0,86	361	936	1113	1	1,02	7,95	8
201	18	1200	3000	82,4	1,03	1,02	0,34	75,56	57,6	0,78	328	966	1270	1	1,02	9,07	9
101	18	2000	4200	77,7	1,03	1,02	0,34	66,36	48,4	0,62	293	1838	3032	0,96	1,02	22,56	23
		6200															

Для радиатора 2КП100-90x500 по данным завода-изготовителя определяем номинальный поток одной секции 140 Вт, следовательно $\beta_1 = 1,03$ [5, табл. 3.1].

При установке прибора у наружной стены $\beta_2 = 1,02$ [5, табл. 3.2].

При установке приборов под окном у наружной стены без ниши под подоконной доской шириной 100 мм в жилой комнате $\beta_4 = 1,02$ [5, табл. 10.2].

Выполняем расчеты по округлению числа секций:

101 – 3032 – 22 · 140 · 0,96 = 74,7 Вт > 60 Вт; принимаем 23 секции;

201 – 966 – 9 · 140 · 1 = 10,2 Вт < 60 Вт; 10,2 · 100% / 966 = 0,8 % принимаем 9 секций;

301 – 936 – 7 · 140 · 1 = 132 Вт > 60 Вт – принимаем 8 секций;

401 – 1522 – 12 · 140 · 1 = 4 Вт < 60 Вт; 4 · 100 % / 1522 = 0,2 % < 5 % – принимаем 12 секций.

Таблица 7 – Тепловой расчет однотрубной системы отопления со стальными панельными радиаторами

№ помещения	Температура воздуха в помещении, °С	Тепловая нагрузка на прибор Q _{пр} , Вт	Суммарная тепловая нагрузка приборов, расположенных выше или ниже рассматриваемого $\sum Q_{пр}$, Вт	Температура входящей воды в прибор, °С	Поправочный коэффициент β_1	Поправочный коэффициент β_2	Коэффициент затекания воды α	Средняя температура воды в приборе, °С	Температурный напор, °С	Коэффициент приведения φ	Теплоотдача открыто расположенных трубопроводов Q _{тр} , Вт	Расчетный требуемый тепловой поток Q ₁ , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток Q _н , Вт	Поправочный коэффициент β_4	Марка отопительного прибора	Номинальный тепловой поток, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18
401	18	1800	0	94	1,02	1,03	0,29	81,99	64,0	0,89	410	1522	1745	1,02	ЛК20-513	1747
301	18	1200	1800	87,0	1,006	1,04	0,26	78,14	60,1	0,82	361	931	1156	1,02	ЛК10-514	1138
201	18	1200	3000	82,4	1,006	1,04	0,26	73,49	55,5	0,74	328	960	1325	1,02	ЛК10-516	1301
101	18	2000	4200	77,7	1,082	1,015	0,29	63,79	45,8	0,58	293	1933	3423	1,02	ЛК22-516	3454
		6200														

Для 20 типа радиатора высотой 500 мм $\beta_1 = 1,02$ $\beta_2 = 1,03$ [7, табл. 4.1].

Для 10 типа радиатора высотой 500 мм $\beta_1 = 1,006$ $\beta_2 = 1,04$ [7, табл. 4.1].

Для 22 типа радиатора высотой 500 мм $\beta_1 = 1,082$ $\beta_2 = 1,015$ [7, табл. 4.1].

При установке приборов под окном без ниши под подоконной доской шириной 100 мм в жилой комнате $\beta_4 = 1,02$ [5, табл. 10.2].

По требуемой величине Q_{н.т.} подбираем по [7, табл. 1.9] отопительный прибор, номинальный тепловой поток которого Q_н должен быть близким к значению Q_{н.т.}, а также может быть меньше требуемого, но не более чем на 5 % или на 60 Вт.

Выполняем проверку:

201 – 1156 – 1138 = 18 Вт < 60 Вт; 18 · 100 % / 1156 = 1,56 % < 5 %

301 – 1325 – 1301 = 24 Вт < 60 Вт; 24 · 100 % / 1325 = 1,81 % < 5 %

ЛИТЕРАТУРА

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Минск, 2020.
2. Строительная теплотехника: СП 2.04.01-2020. – Минск, 2020.
3. Административные и бытовые здания: СН 3.02.11-2020. – Минск, 2021.
4. Общественные здания: СН 3.02.02-2019. – Минск, 2020.
5. Покотилов, В. В. Пособие по расчету систем отопления / В. В. Покотилов. – Минск, 2006.
6. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. / В. Н. Богословский [и др.]; под ред. И. Г. Старовойтова и Ю. И. Шиллера. – М. : Стройиздат, 1990. – Ч. 1 : Отопление. – 343 с.
7. Рекомендации по применению отопительных стальных панельных радиаторов «Лидея». – Лида, 2010.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 6.2 [2]

Ограждающие конструкции	Коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, n
Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом); чердачные перекрытия с кровлей из штучных материалов и перекрытия над проездами	1
Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; чердачные перекрытия с кровлей из рулонных материалов	0,9
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли	0,6
Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Приложение 2

Приложение К таблице К.3 [1]

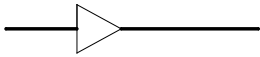
Система отопления и способ регулирования	η_1
1. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с пофасадным авторегулированием на вводе или система поквартирного отопления однотрубная или двухтрубная с горизонтальной разводкой	1
2. Двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием	0,95
3. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе или однотрубная система без автоматических терморегуляторов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,9
4. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,85
5. Система отопления без автоматических терморегуляторов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха	0,7
6. Система отопления без автоматических терморегуляторов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной	0,5
7. Водяное отопление без регулирования	0,2

Расчетные параметры наружного воздуха

Приложение Г таблица Г.1 [1]

Наименование пункта	Расчетная географическая широта, °с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А		Параметры Б		Скорость ветра, м/с	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С
				Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг		
Витебская область									
Верхнедвинск	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	2,9	10,8
			Холодный	-11,0	-8,0	-25,0	-24,3	3,8	-
Полоцк	56	1000	Теплый	21,1	47,0	25,7	50,8	2,9	10,9
			Холодный	-11,5	-8,7	-25,0	-24,0	4,1	-
Шарковщина	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	3,3	10,6
			Холодный	-11,5	-8,0	-24,0	-23,4	4,7	-
Витебск	56	990	Теплый	21,1	47,8	25,7	51,4	3,1	10,3
			Холодный	-12,0	-9,4	-25,0	-24,4	4,8	-
Лепель	54	990	Теплый	21,0	47,2	25,6	50,8	2,3	9,9
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,5	2,9	-
Минская область									
Вилейка	54	990	Теплый	21,4	47,0	26,0	50,6	2,6	11,0
			Холодный	-10,0	-6,7	-24,0	-22,9	3,9	-
Борисов	54	990	Теплый	21,6	47,5	26,2	51,1	2,6	10,8
			Холодный	-11,0	-8,0	-24,0	-23,2	3,8	-
Воложин	54	990	Теплый	20,8	47,0	25,4	50,6	2,8	9,8
			Холодный	-9,5	-6,0	-23,0	-21,9	4,2	-
Минск	54	990	Теплый	21,2	47,2	25,8	50,6	2,6	10,3
			Холодный	-10,0	-6,8	-24,0	-22,7	3,7	-
Марьина Горка	54	990	Теплый	21,8	48,3	26,4	51,7	3,3	11,4
			Холодный	-11,0	-7,3	-24,0	-22,7	4,3	-
Слуцк	54	1000	Теплый	21,8	48,4	26,4	51,8	3,3	11,3
			Холодный	-9,5	-6,1	-23,0	-21,6	4,8	-
Гродненская область									
Лида	54	1000	Теплый	21,5	47,0	26,1	50,6	3,0	10,9
			Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-20,8	4,0	-
Гродно	54	1000	Теплый	21,7	47,6	26,3	51,4	1,0	10,6
			Холодный	-8,5	-4,7	-22,0	-20,5	5,6	-
Новогрудок	54	980	Теплый	20,3	47,0	24,9	50,6	3,1	9,1
			Холодный	-10,0	-6,0	-21,0	-20,3	5,6	-
Волковыск	54	990	Теплый	22,0	47,6	26,6	51,5	3,3	11,0
			Холодный	-8,5	-4,8	-21,0	-20,4	4,5	-
Могилевская область									
Горки	54	990	Теплый	21,1	48,4	25,7	52,4	3,1	10,6
			Холодный	-12,5	-9,9	-26,0	-25,2	5,3	-
Могилев	54	990	Теплый	21,6	47,8	26,2	51,6	3,7	10,8
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,2	4,7	-
Славгород	54	1000	Теплый	22,0	49,0	26,6	52,5	3,4	10,6
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,6	4,4	-
Бобруйск	54	1000	Теплый	22,3	48,8	26,9	52,2	3,2	11,2
			Холодный	-10,5	-7,4	-23,0	-22,2	3,9	-
Брестская область									
Барановичи	54	990	Теплый	21,9	47,3	26,5	51,2	3,3	10,9
			Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-21,0	4,8	-
Ганцевичи	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,0	3,4	12,0
			Холодный	-9,0	-5,5	-22,0	-20,8	3,5	-
Пружаны	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,4	2,5	11,3
			Холодный	-8,0	-4,1	-22,0	-20,5	3,2	-
Брест	52	1000	Теплый	22,6	49,6	27,2	53,0	2,9	10,8
			Холодный	-7,0	-2,8	-21,0	-19,6	3,7	-
Пинск	52	1000	Теплый	22,4	50,0	27,0	53,6	3,6	11,1
			Холодный	-8,5	-4,8	-21,0	-19,9	5,1	-
Гомельская область									
Жлобин	52	1000	Теплый	22,4	49,4	27,0	53,0	2,8	10,9
			Холодный	-10,5	-7,5	-24,0	-22,9	3,6	-
Гомель	52	1000	Теплый	22,3	50,3	26,9	54,0	3,4	10,5
			Холодный	-10,5	-7,5	-24,0	-23,3	4,0	-
Василевичи	52	1000	Теплый	22,8	49,8	27,4	53,7	1,0	11,8
			Холодный	-10,0	-6,9	-23,0	-22,2	3,7	-
Житковичи	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,4	2,6	11,6
			Холодный	-9,0	-5,6	-22,0	-21,1	3,3	-
Лельчицы	52	1000	Теплый	22,8	50,0	27,4	53,7	1,5	11,8
			Холодный	-9,0	-5,6	-22,0	-20,7	3,6	-
Брагин	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,6	1,0	11,6
			Холодный	-10,0	-6,8	-22,0	-21,4	4,9	-

Коэффициенты ζ местных сопротивлений

Местное сопротивление	Обозначение	Значение ζ
Радиатор секционный		2
Радиатор стальной панельный		
10,11 тип		31
20, 21, 22 тип		18
30, 33 тип		12
Внезапное сужение		0,5
Внезапное расширение		1,0
Отвод под углом 90°		
Ø 15, Ø 20		1,5
Ø 25, Ø 32		1,0
Ø 40 и более		0,5
Тройник проходной		1,0
Тройник на ответвление потока		1,5
Тройник на противотоке		3
Крестовина проходная		2
Крестовина поворотная		3

Тройники, крестовины, внезапное сужение и внезапное расширение относятся к участку с меньшим расходом.

Характеристики ручного балансировочного клапана «Штремакс 4017М»



ГЕРЦ ШТРЕМАКС 4017 М

DN	15	15-LF	15-MF	20	25
K_{vs}	2	0,46	0,88	3,6	6,5
K_v - диафрагмы	1,95	0,48	0,97	3,95	7,9
настройка	K_v	K_v	K_v	K_v	K_v
0,5	0,40	0,05	0,17	0,33	0,66
0,6	0,43	0,05	0,19	0,38	0,70
0,7	0,46	0,06	0,21	0,43	0,74
0,8	0,49	0,06	0,23	0,48	0,78
0,8	0,52	0,06	0,25	0,53	0,82
0,9	0,56	0,07	0,27	0,58	0,86
1,0	0,60	0,07	0,30	0,63	1,04
1,1	0,64	0,08	0,32	0,73	1,20
1,2	0,67	0,09	0,34	0,83	1,36
1,3	0,71	0,10	0,36	0,93	1,52
1,3	0,74	0,11	0,38	1,03	1,68
1,4	0,78	0,12	0,40	1,13	1,84
1,5	0,81	0,14	0,42	1,20	1,90
1,6	0,85	0,16	0,44	1,28	2,10
1,7	0,88	0,17	0,45	1,36	2,30
1,8	0,92	0,19	0,47	1,44	2,50
1,8	0,95	0,20	0,48	1,52	2,70
1,9	0,97	0,22	0,50	1,60	2,90
2,0	1,00	0,22	0,53	1,70	3,10
2,1	1,04	0,23	0,55	1,80	3,25
2,2	1,07	0,24	0,57	1,90	3,40
2,3	1,11	0,25	0,59	2,00	3,55
2,3	1,14	0,26	0,61	2,10	3,70
2,4	1,18	0,27	0,63	2,20	3,85
2,5	1,20	0,29	0,66	2,25	4,20
2,6	1,22	0,30	0,68	2,35	4,32
2,7	1,24	0,30	0,70	2,45	4,44
2,8	1,26	0,31	0,72	2,55	4,56
2,8	1,28	0,32	0,74	2,65	4,68
2,9	1,30	0,33	0,76	2,75	4,80
3,0	1,42	0,35	0,78	2,80	5,00
3,1	1,49	0,36	0,79	2,86	5,07
3,2	1,56	0,37	0,80	2,92	5,14
3,3	1,63	0,37	0,81	2,98	5,21
3,3	1,70	0,38	0,82	3,04	5,28
3,4	1,77	0,39	0,83	3,10	5,35
3,5	1,80	0,41	0,86	3,25	5,80
3,6	1,83	0,42	0,86	3,32	5,93
3,7	1,85	0,42	0,87	3,39	6,06
3,8	1,88	0,43	0,87	3,46	6,19
3,8	1,90	0,43	0,87	3,53	6,32
3,9	1,93	0,44	0,88	3,60	6,45
4,0	2,00	0,46	0,88	3,60	6,50

Коэффициент затекания α для систем с двухходовыми
ручными регулирующими вентилями

Тип радиатора	Диаметр стояка / Диаметр замыкающего участка / Диаметр подводки, мм		
	15/15/15	20/15/15	20/20/15
Чугунный	0,34	0,36	0,2
Алюминиевый	0,34	0,36	0,2
Биметаллический	0,34	0,36	0,2
Стальной панельный:			
тип 10,11	0,26	0,26	0,14
тип 20,21,22	0,29	0,30	0,17
тип 30,33	0,30	0,32	0,18

Пропускная способность шарового крана HERZ

Диаметр, мм	Пропускная способность k_v , м ³ /ч
15	17
20	34
25	55
32	102
40	165
50	270

Учебное издание

Составители:

Новосельцев Владимир Геннадьевич

Новосельцева Дина Владимировна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по дисциплине

“Отопление“ на тему

"Отопление общественного здания"

для студентов специальности 70 04 02

"Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"

для всех форм обучения, слушателей ИПКиП

специальности 1-70 04 71 "Теплогазоснабжение, вентиляция

и охрана воздушного бассейна"

Ответственный за выпуск: Новосельцев В. Г.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 28.12.2022 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 2,09. Уч. изд. л. 2,25. Заказ № 1538. Тираж 19 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.