

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА «ОТОПЛЕНИЕ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА» ПО КУРСУ «ОТОПЛЕНИЕ»

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Курсовой проект по отоплению гражданских зданий предназначен для закрепления теоретических знаний по курсу «Отопление». При разработке проекта студент использует весь основной комплекс знаний, полученный им за период изучения общетехнических дисциплин, а также курсов по отоплению, строительная теплофизика, архитектура, строительные конструкции и другие.

Расчетно-графические работы, связанные с выполнением проекта, способствуют приобретению навыков в самостоятельном решении вопросов конструирования и расчета систем отопления.

Проектом должно быть предусмотрено решение вопросов отопления здания объемом 5-7 тыс.м³. Проект должен содержать пояснительную записку (30-35) страниц и графическую часть (1-2 листа формата А1 в карандаше или в компьютерной графике), оформленные в соответствии с действующими нормами и техническими условиями на проектирование систем отопления.

Студент обязан самостоятельно выбрать наиболее целесообразные системы отопления, выполнить соответствующие расчеты, составить спецификацию материалов и оборудования.

Проект подразделяется на два раздела:

1. Общая часть.
2. Отопление зданий.

2. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Графическая часть проекта содержит:

- 1) планы подвала (технического подполья) или подпольных каналов с размещением трубопроводов и оборудования отопительных систем;
- 2) планы этажей с размещением трубопроводов и оборудования отопительных систем (повторяющиеся этажи совмещаются);
- 3) план чердака (для чердачных зданий) или технического этажа с размещением трубопроводов и оборудования отопительных систем;
- 4) характерный разрез или разрезы здания с нанесением элементов систем отопления;
- 5) аксонометрические схемы систем отопления;
- б) отдельные узлы и детали систем отопления;

7) спецификацию.

Графическая часть выполняется, как правило, в масштабе 1:100. Чертежи отдельных узлов и деталей выполняются в масштабе 1:20, 1:10, 1:5 или 1:2.

Приступая к выполнению графической части проекта, нужно предварительно установить размещение отдельных чертежей на листе, их надписи, установить толщины линий обводки. Все контуры строительных конструкций выполняются линией одинаковой толщины. Контуры оборудования систем отопления выполняются основной линией. В правом нижнем углу листа размещается штамп, установленного образца. На листе, где размещены планы здания, должна быть стрелка "Север-юг" для ориентации здания относительно сторон света.

Все помещения на планах нумеруются. Номерные знаки помещения обводятся кружком и проставляются в середине помещения. Помещения подвала нумеруются на планах, начиная с № 1; помещения первого этажа с № 101; второго этажа - с № 201 и т.д.; лестничные клетки - А, Б, В и т.д.

На основании размещения элементов систем отопления на планах этажей, подвала, чердака, разрезе здания строятся аксонометрические схемы систем. Чтобы не затемнять одну часть аксонометрической схемы другой, а также избежать накладок линий трубопроводов, целесообразно схему отопления строить по частям: отдельно подающих магистральных трубопроводов, отдельно обратных магистральных трубопроводов при верхней разводке и отдельно схемы стояков или ветвей.

Надписи на чертежах должны выполняться шрифтами, принятыми для инженерно-строительных чертежей, высотой не более 10 мм и не менее 3,5 мм. Надписи должны быть краткими и четкими, но на общем фоне чертежа должны выделяться проекции, а не надписи. Обозначения трубопроводов, арматуры, санитарно-технического оборудования следует производить согласно специальным условным графическим обозначениям. При оформлении графической части проекта необходимо руководствоваться правилами, изложенными в [25], [26] и [30].

3. РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчетно-пояснительная записка должна быть изложена в предельно сжатой форме и в то же время содержать все необходимые материалы, обосновывающие принятые проектные решения. Изложение текста должно вестись в логической последовательности. В тексте пояснительной записки и подписях под рисунками не допускается произвольное сокращение слов.

Текст пояснительной записки излагается на одной стороне листа белой

бумаги формата 210x297 мм машинописным или рукописным (четким почерком чернилами, тушью, пастой) способами путем набора на компьютере. Допускается рамку и основную надпись на листах не вычерчивать.

Пояснительная записка должна включать в указанной ниже последовательности:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- основные разделы, предусмотренные заданием на курсовой проект;
- список использованной литературы. Разделы должны быть пронумерованы арабскими цифрами. В разделе "Общая часть" приводятся:
 - краткое описание здания (назначение, число этажей, характеристика основных конструкций, наличие подвала и чердака, строительный объем);
 - краткая характеристика запроектированных устройств (источник теплоснабжения, теплоноситель и вид системы центрального отопления, тип отопительных приборов);
 - климатологические данные для местности (расчетные температуры воздуха, скорость ветра, барометрическое давление);
 - расчетные температуры воздуха в помещениях.

Текст раздела "Отопление зданий" разделяется на следующие подразделы:

- теплотехнический расчет ограждающих конструкций;
- расчет теплопотерь помещениями;
- определение удельной тепловой характеристики здания;
- выбор системы отопления и ее конструирование;
- гидравлический расчет трубопроводов;
- расчет отопительных приборов;
- расчет отдельных элементов систем отопления;
- тепловая изоляция труб;
- компенсация теплового удлинения труб.

Спецификацию отопительной установки помещают, как правило, на листе, где изображена схема системы отопления.

При оформлении пояснительной записки необходимо руководствоваться правилами, изложенными в [27].

4. ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЯ

4.1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций.

4.1.1. Наружные стены и перекрытия

В данном проекте студент не производит подробный расчет для ограждающих конструкций (кроме полов на грунте и лагах) и величину экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_{T}^{эк}$ не определяет. Значение сопротивления теплопередаче R_T , $m^2/^\circ C \cdot Вт$ для наружных стен, перекрытий чердачных и бесчердачных, перекрытий над подвалом и техническими подпольями принимается равным нормативному сопротивлению теплопередаче $R_{T \text{ норм.}}$, $(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, определенному по таблице 5.1 [7]. Значения сопротивления теплопередаче R_T для заполнений наружных световых проемов (кроме заполнений световых проемов в помещениях с избытками явной теплоты) принимаются по приложению Г, но не менее нормативного сопротивления теплопередаче $R_{T \text{ норм.}}$, определяемого по таблице 5.1 [7]. Сопротивление теплопередаче заполнений наружных световых проемов в помещениях с избытками явной теплоты R_T должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_{T \text{ тр.}}$, приведенного в таблице 5.6 [7]. Сопротивление теплопередаче наружных дверей (кроме балконных) и ворот R_T должно быть не менее 0,6 значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен $R_{T \text{ тр.}}$, определяемого при расчетной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по формуле

$$R_{T.тр.} = \frac{n \cdot (t_g - t_n)}{a_g \cdot \Delta t_g}, \quad (4.1)$$

где n - коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по табл. 5.3 [7];

t_g - расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ C$, принимаемая по табл.4.1 [7];

t_n - расчетная зимняя температура наружного воздуха, принимаемая по табл. 4.3 [7] с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций D (за исключением заполнений проемов) по табл. 5.2 [7];

a_g - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $Вт/m^2 \cdot ^\circ C$, принимаемый по табл. 5.4 [7];

Δt_e – расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, принимаемый по табл. 5.5 [7].

Таблица 4.1.

Расчетные температуры воздуха в помещениях жилых зданий

Наименование помещений	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С
1	2
1 Жилая комната в квартире или в общежитии	18(20)
2 Кухня в квартире или в общежитии: с электроплитами	18
с газовыми плитами	
3 Сушильный шкаф для одежды и обуви в квартирах	—
3 Ванная	25
4 Уборная индивидуальная	18
5 Совмещенный санитарный узел	25
6 Совмещенный санитарный узел с индивидуальным нагревом	18
7 Умывальная общая	18
8 Душевая общая	25
9 Уборная общая	16
10 Комната для чистки и глажения одежды в общежитии	18
11 Вестибюль, общий коридор, лестничная клетка в квартирном доме	16
12 Вестибюль, общий коридор, лестничная клетка в общежитии и в специальных жилых домах для престарелых и инвалидов	18
13 Помещение для культурно-массовых мероприятий, отдыха, учебных и спортивных занятий, помещения для администрации и персонала	18
14 Постирочная в общежитии	15

Окончание таблицы 4.1

1	2
15 Гладильная, сушильная в общежитии	15
16 Кладовые для хранения личных вещей, спортивного инвентаря, хозяйственные и бельевые в общежитии	12
17 Палата изолятора в общежитии	20
18 Машинное помещение лифтов, электрощитовая	5
19 Мусоросборная камера	5
<p><i>Примечания</i></p> <p>1. В угловых помещениях квартир и общежитий расчетную температуру воздуха следует принимать на 2 °С выше указанной в таблице.</p> <p>2. Значение в скобках относится к квартирам для престарелых и инвалидов.</p> <p>3. В лестничных клетках домов с поквартирным отоплением температура воздуха не нормируется.</p> <p>4. Расчетная производительность вытяжной вентиляции, определяемая по норме для кухонь и санитарных узлов, не должна быть ниже расчетного воздухообмена квартиры (жилой ячейки общежитий), определяемого по норме для жилых комнат.</p>	

Конструкция стен и перекрытий для всех вариантов зданий принимается одинаковой в соответствии с рис. 4.1. Тепловая инерция ограждающих конструкций условно принимается равной для наружных стен $D > 7$; для перекрытий над подвалами и подпольями $4 < D \leq 7$; для перекрытий чердачных и бесчердачных $1,5 < D \leq 4$. Допускается использовать термические сопротивления, полученные при выполнении курсовой работы по дисциплине «Строительная теплофизика».

Сопротивление теплопередаче наружных дверей и ворот следует принимать по табл. 2.7 [19].

Сопротивление теплопередаче внутренних ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий и заполнений проемов) следует определять в случаях, когда разность температур внутреннего воздуха в разделяемых этими конструкциями помещениях превышает 3 °С и принимать его равным требуемому $R_{т тр.}$. При определении требуемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций в формуле 4.1 следует принимать: $n = 1$, вместо t_n , °С – расчетную температуру воздуха более холодного помещения, Δt_g , °С – принимать для стен и перегородок как для наружных стен, для нижней поверхности – как для перекрытий над проездами.

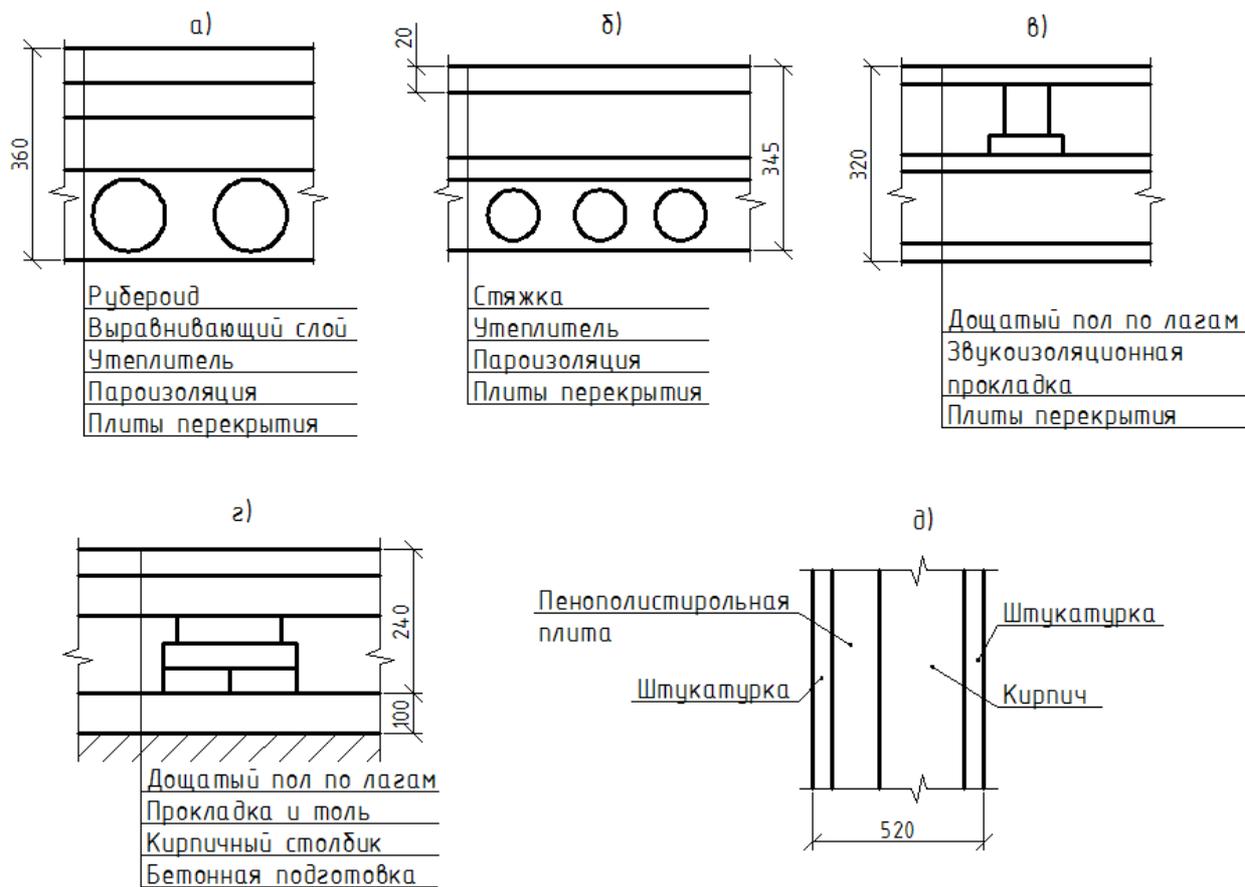


Рис. 4.1. Конструкция перекрытий и стен: а – бесчердачного; б – чердачного; в – междуэтажного; г – пола первого этажа по грунту; д – стены

4.1.2. Полы на грунте

Термическое сопротивление неутепленных полов на грунте и стен ниже уровня земли R_c , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, принимается в зависимости от рассматриваемой зоны равным $R_c = 2,1$ – для первой зоны; $R_c = 4,3$ – для второй зоны; $R_c = 4,6$ – для третьей зоны; $R_c = 14,2$ – для четвертой зоны и оставшейся площади пола.

Термическое сопротивление утепленных полов на грунте и стен ниже уровня земли R_h , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_h = R_c + \sum \frac{d}{l_n}, \quad (4.2)$$

где R_c – термическое сопротивление неутепленного пола рассматриваемой зоны, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

d – толщина утепляющего слоя, м;

I_h – коэффициент теплопроводности материала утепляющего слоя, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$.

Утепленными считаются полы, в конструкции которых имеется хотя бы один материальный слой с коэффициентом теплопроводности $I_h < 1,2$ $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$.

Термическое сопротивление полов на лагах R_l , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_l = 1,18 \cdot R_h, \quad (4.3)$$

где R_h – то же, что в формуле (4.2).

4.2. Расчет теплотерь помещениями

Потери теплоты через ограждающие конструкции помещений следует определять путем суммирования потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q , Вт, рассчитанных (с округлением до 10 Вт) по формуле

$$Q = \frac{F}{R_T} \cdot (t_g - t_{ext}) \cdot (1 + \sum b) \cdot n, \quad (4.4)$$

где F – расчетная площадь ограждающей конструкции, м^2 ;

R_T – сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, ограждающей конструкции;

t_g – расчетная температура внутреннего воздуха, °C , принимаемая по табл. 4.1 или нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений или ГОСТ 30494-96 [3];

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха, °C , для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения – при расчете теплоты через внутренние ограждения;

b – добавочные потери теплоты в долях единицы;

n – то же, что в формуле (4.1.).

Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции помещений допускается не учитывать, если разность температур в этих помещениях равна 3 °С и меньше.

Расчет потерь теплоты через подземную часть наружных стен отапливаемых цокольных или подвальных помещений производится по площади условных зон шириной 2 м, отсчитываемых от поверхности земли. Теплотери через пол помещений определяются также по площади последующих условных зон, причем пол рассматривается как продолжение подземной части наружных стен. Зон всего четыре (первая, вторая, третья, четвертая и оставшаяся площадь пола). Нумерацию зон следует производить от всех наружных стен вглубь помещений. Поверхности участков полов, расположенных возле угла наружных стен в первой двухметровой зоне, вводятся в расчет дважды, то есть по направлению обеих стен, составляющих угол. При подсчете потерь теплоты через пол, расположенный на грунте, формулу (4.4) удобнее использовать в следующем виде

$$Q = \left(\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \frac{F_4}{R_4} \right) \cdot (t_g - t_n), \quad (4.5)$$

где F_1, F_2, F_3, F_4 – площади соответственно первой, второй, третьей и четвертой зоны, м²;

R_1, R_2, R_3, R_4 – термические сопротивления соответственно первой, второй, третьей и четвертой зоны, м²·°С/Вт;

t_g – то же, что в формуле (4.4);

t_n – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °С.

Величины R_1, R_2, R_3, R_4 принимаются равными R_c, R_h или R_n в соответствии с конструкцией, пола на грунте.

Площадь F и линейные размеры ограждающих конструкций при расчете потерь теплоты помещениями необходимо определять следующим образом:

а) площадь световых проемов и дверей - по наименьшим размерам строительных проемов в свету;

б) площадь потолков и полов - по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;

в) высоту стен первого этажа;

- по размеру от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого

пола второго этажа при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте;

- по размеру от нижнего уровня подготовки для пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа при наличии пола на лагах;

- по размеру от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа при наличии неотапливаемого подвала или подполья;

г) высоту стен промежуточного этажа - по размеру между уровнями чистых полов данного и нижележащего этажей;

д) высоту стен верхнего этажа:

- по размеру от уровня чистого пола до верха утеплителя чердачного перекрытия при наличии чердака и по размеру от уровня чистого пола до пересечения внутренней поверхности наружной стены с верхней плоскостью покрытия при отсутствии чердака;

е) длину наружных стен;

- неугловых помещений - по размерам между осями внутренних стен;

- угловых помещений - от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен или до внешних поверхностей примыкающих наружных стен;

ж) длину внутренних стен - по размерам от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен.

Линейные размеры ограждающих конструкций следует определять с точностью до 0,1 м. Площади наружных ограждающих конструкций необходимо определять с точностью до 0,1 м².

За расчетную температуру воздуха внутри помещений при определении потерь теплоты через ограждающие конструкции следует принимать:

а) температуру воздуха в обслуживаемой или в рабочей зоне для помещений высотой до 4 м;

б) температуру воздуха с учетом изменения ее по высоте для помещений высотой более 4 м;

- температуру воздуха в обслуживаемой зоне помещений для вертикальных ограждающих конструкций на высоту до 4 м от пола и для полов;

- температуру воздуха под покрытием - для покрытий и фонарей;

- среднюю температуру между температурой воздуха в верхней и обслуживаемой зонах помещений для вертикальных ограждающих конструкций, расположенных выше 4 м от пола.

Температуру воздуха под покрытием помещений следует определять расчетом. Расчетную разность температур $t_g - t_{ext}$ в формуле (4.4) при определении потерь теплоты через ограждения, для которых в табл.5.3 [7] отсут-

ствуют значения коэффициентов n , а также через перекрытия над подвалами и подпольями, в которых размещены теплопроводы, следует определять исходя из температуры воздуха в них, рассчитываемой по балансу теплоты. При этом коэффициент n принимается равным 1.

Температура воздуха в неотапливаемом помещении t_x , °С, определяется по формуле

$$t_x = \frac{\sum \left(\frac{F}{R} \right)_e \cdot t_e + \sum \left(\frac{F}{R} \right)_n \cdot t_n + \sum \left(\frac{F}{R} \right)_m \cdot t_m}{\sum \left(\frac{F}{R} \right)_e + \sum \left(\frac{F}{R} \right)_n + \sum \left(\frac{F}{R} \right)_m}, \quad (4.6)$$

где $\sum \left(\frac{F}{R} \right)_e$, $\sum \left(\frac{F}{R} \right)_n$, $\sum \left(\frac{F}{R} \right)_m$ – сумма частных от деления площадей внутренних (индекс "в"), наружных (индекс "н") ограждений и тепловыделяющих поверхностей (индекс "т") на термические сопротивления в холодном помещении, Вт/°С;

t_e – расчетные температуры воздуха в отапливаемых помещениях, смежных с холодными, °С;

t_m – расчетная температура тепловыделяющих устройств (например, теплоносителя в трубопроводах), °С.

Для лестничных клеток теплопотери вычисляются по всей высоте без деления на этажи.

Добавочные потери теплоты ограждающими конструкциями помещений необходимо определять в соответствии с табл. 4.2.

Расход теплоты Q , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха следует определять по формуле

$$Q = 0,28 \cdot \sum G_i \cdot c \cdot (t_e - t_{ext}) \cdot \kappa, \quad (4.7)$$

где $\sum G_i$ – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения;

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг.°С;

t_e – то же, что в формуле (4.4);

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период го-

да, °С;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный: 0,7 – для стыков панелей стен, для других наружных ограждений и для окон с тройными переплетами; 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами; 1 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Таблица 4.2

Добавочные потери теплоты

Помещения, здания и сооружения	Виды ограждающих конструкций	Добавочные потери теплоты в долях единицы
Помещения в зданиях любого назначения	Наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные: а) на север, восток, северо-восток и северо-запад; б) на юго-восток и запад в) на юг и юго-запад	0,1 0,05 0
Общественные и административно-бытовые здания при наличии в помещении двух наружных стен и более	Наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна.	0,05
Здания любого назначения при высоте здания H , м	Наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами: а) тройные двери с двумя тамбурами между ними; б) двойные двери с тамбуром между ними; в) двойные двери без тамбура; г) одинарные двери	0,2 H 0,27 H 0,34 H 0,22 H
Здания любого назначения	Наружные ворота не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами: а) при отсутствии тамбура; б) при наличии тамбура.	3 1

Расход теплоты Q , Вт, для нагревания инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вен-

тиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин, полученных по расчету по формулам (4.7) и (4.8)

$$Q = 0,28 \cdot L_n \cdot r \cdot c \cdot (t_e - t_{ext}), \quad (4.8)$$

где L_n – расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий удельный нормативный расход принимается равным 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений и кухни;

r – плотность наружного воздуха, кг/м³;

c, t_e, t_{ext} – то же, что в формуле (4.7).

Расход инфильтрующегося воздуха в помещение G_i , кг/ч, через неплотности наружных ограждений следует определять по формуле

$$G_i = 0,216 \cdot \sum F_1 \cdot \frac{(\Delta P_i)^{0,67}}{R_g} + \sum F_2 \cdot G_n \cdot \left(\frac{\Delta P_i}{\Delta P_1} \right)^{0,67} + 3456 \cdot \sum F_3 \cdot \Delta P_i^{0,5} + 0,5 \cdot \sum l \cdot \frac{\Delta P_i}{\Delta P_1}, \quad (4.9)$$

где 0,216 – коэффициент, учитывающий перепад давления $\Delta P = 10$ Па, при котором определены значения $R_g \left(0,216 = \frac{1}{10^{0,67}} \right)$;

F_1, F_2 – площади наружных ограждающих конструкций, м², соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и наружных стен;

F_3 – площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях, м²;

$\Delta P_i, \Delta P_1$ – расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже и на уровне пола первого этажа, Па;

R_g – сопротивление воздухопроницанию, м²·ч/кг, принимаемое по приложению Д [7];

G_n – нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, кг/(м²·ч), принимается по табл. 8.1 [7];

l – длина стыков стеновых панелей, м.

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции ΔP_i , Па, принимается после определения условно-постоянного давления воздуха в здании P_{int} , Па (отождествляется с давлением воздуха на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), определяется на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание $\sum G_i$, кг/ч, и удаляемого из него G_{ext} , кг/ч, за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса давлений между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

Расчетная разность давлений ΔP_i определяется по формуле

$$\Delta P_i = g \cdot (H - h_i) \cdot (r_n - r_e) + 0,5 \cdot r_n \cdot u^2 \cdot (C_{e,n} - C_{e,p}) \cdot K_h - P_{int} \quad , \quad (4.10)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с²;

H – высота здания, м, от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты;

h_i – расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до середины стен или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей;

r_n, r_e – плотность, соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³;

V – скорость ветра, м/с, принимаемая по приложению Е [1];

$C_{e,n}, C_{e,p}$ – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений зданий, принимаемые по [20] или для вертикальной наветренной поверхности $C_{e,n} = 0,8$; для вертикальной заветренной поверхности $C_{e,p} = -0,6$;

K_h – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемый по [20] или по таблице 4.3;

P_{int} – условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Максимальный расход теплоты на нагревание наружного воздуха следует учитывать для каждого помещения при наиболее неблагоприятном для него направлении ветра для частей зданий, обведенных на рис.4.2 жирными линиями. При расчете тепловой нагрузки здания с автоматическим регулированием расход теплоты на инфильтрацию следует принимать при наиболее неблагоприятном направлении ветра для всего здания.

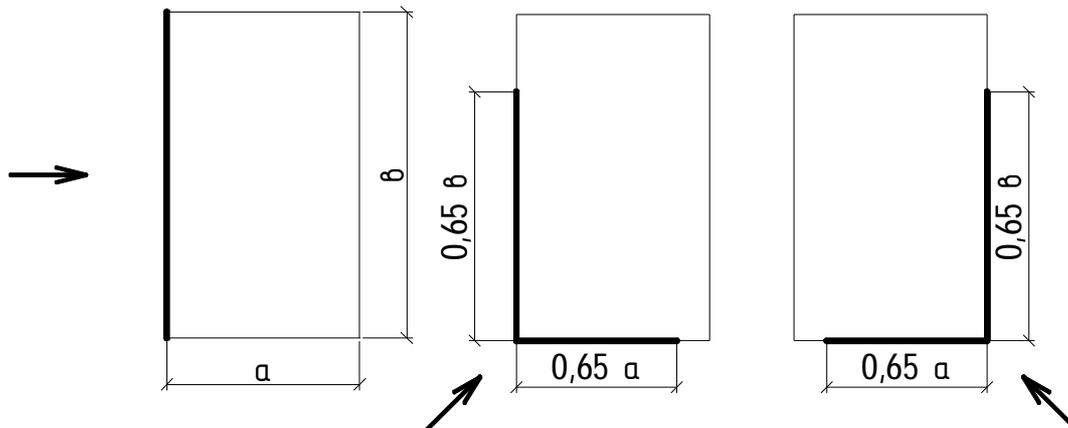


Рис.4.2. Части зданий, где должна учитываться инфильтрация воздуха. Стрелки указывают направление ветра.

Таблица 4.3

Коэффициент K_h учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, Н

Высота Н, м	Коэффициент K_h		
	А	В	С
≤ 5	0,75	0,5	0,4
≤ 10	1	0,65	0,4
≤ 20	1,25	0,85	0,55
≤ 40	1,5	1,1	0,8
≤ 60	1,7	1,3	1,0

Примечание
 А – открытые территории;
 В – городские территории с застройкой домами высотой Н > 10 м;
 С – то же, Н > 25 м.

Для помещений со сбалансированной вентиляцией (вытяжка полностью компенсируется подогретым притоком) или при отсутствии организованной вентиляции условно-постоянное давление воздуха P_{int} принимается равным наибольшему избыточному давлению в верхней точке заветренной стороны здания, обусловленному действием гравитационного и ветрового давлений и может быть определено по формуле:

$$P_{int} = 0,5 \cdot g \cdot H \cdot (r_n - r_e) + 0,25 \cdot r_n \cdot J^2 \cdot (C_{e,n} - C_{e,p}) \cdot K_h, \quad (4.11)$$

где $g, H, r_n, r_e, J, C_{e,n}, C_{e,p}, K_h$ – то же, что в формуле (4.10).

Вычисленное значение P_{int} принимается постоянным для всего здания, в лестничной клетке, в непосредственно соединенных с ней коридорах, а также в отдельных помещениях при свободном перетекании воздуха из помещения в коридоры. В случае герметизации внутренних дверей условно – постоянное давление в отдельных помещениях определяется из уравнения воздушного баланса рассматриваемого помещения. Рекомендации по составлению воздушного баланса помещения изложены на стр. 264-268 [28].

Плотность воздуха может быть определена по формуле:

$$r = \frac{353}{273 + t}, \quad (4.12)$$

где t – температура воздуха, °С.

При определении расчетных потерь теплоты помещениями из теплопотерь этих помещений следует вычислять тепловыделения – тепловой поток регулярно поступающий от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, материалов, людей и других источников.

При этом тепловой поток, поступающий в комнаты и кухни жилых домов, следует принимать – 21 Вт на 1 м² площади пола помещений.

При определении тепловыделений следует учитывать коэффициент h_1 , принимаемый по табл. А. 1 [1] в зависимости от способа регулирования системы отопления.

Весь расчет теплопотерь здания и тепловыделений сводится в табл.4.4. В графе 4 ограждения обычно обозначаются условными знаками (НС – наружная стена, ТО – окно с тройным остеклением, ДО – окно с двойным остеклением, ОО – то же с одинарным остеклением, ПЛ – пол, ПТ – потолок, ВС – внутренняя стена, ВД – внутренняя дверь, НД – наружная дверь и т.д.) В графе 5 указывается ориентация ограждения по сторонам света (С – север, СВ – северо-восток, СЗ – северо-запад и т.д.). В графу 8 заносят площади окон и дверей, которые следует вычесть из площади стен. В графе 20 записываются теплопотери помещением – суммарные теплопотери отдельными ограждениями, сложенные с потерями теплоты на инфильтрацию и уменьшенные на величину тепловыделения.

Так как в зданиях имеются одинаковые помещения (равные площади тепловыделяющих поверхностей, одинаковая ориентация и температура внутреннего воздуха и т.д.), нет необходимости в каждом случае заносить в расчетный бланк все данные расчета для каждого из них. Можно в графе 1

таблицы 4.4 перечислить через запятую номера одинаковых помещений.

4.3. Определение удельной тепловой характеристики здания

Удельную тепловую характеристику здания q , Вт/(м³·°C), то есть количество теплоты, теряемой 1 м³ здания, при разности температур 1 градус следует определять по формуле

$$q = \frac{Q}{V \cdot (t_{\text{ср}} - t_{\text{н}}) \cdot a}, \quad (4.13)$$

где Q – сумма теплотерь всех помещений здания, Вт;

V – строительный объем отапливаемой части здания по наружному обмеру, м³;

$t_{\text{ср}}$ – средняя температура отапливаемых помещений принимаемая равной 18 °C;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °C;

a – температурный коэффициент, учитывающий изменение требуемого термического сопротивления наружных ограждений в зависимости от $t_{\text{н}}$, вычисляемый по формуле

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_{\text{ср}} - t_{\text{н}}}, \quad (4.14)$$

где $t_{\text{ср}}$, $t_{\text{н}}$ – то же, что в формуле (4.13).

Вычисленная по формуле (4.13) удельная тепловая характеристика здания сравнивается с удельной тепловой характеристикой, определенной по формуле, предложенной Н.С. Ермолаевым

$$q = 1,08 \left\{ \frac{P}{S} [k_{\text{н.с}} + d(k_{\text{ок}} - k_{\text{н.с}})] + \frac{1}{h} (0,9k_{\text{пт}} + 0,6k_{\text{пл}}) \right\}, \quad (4.14.1)$$

где P , S , h – периметр, м; площадь, м²; и высота здания, м;

$k_{\text{н.с}}$, $k_{\text{ок}}$, $k_{\text{пт}}$, $k_{\text{пл}}$ – коэффициенты теплопередачи, соответственно, наружных стен, окон, потолка и пола, Вт/(м²·°C);

d – доля остекления стен.

Используя полученное значение удельной тепловой характеристики здания q , определенное по формуле (4.13), можно определить теплотери помещения Q , Вт, по формуле

$$Q = a \cdot q \cdot V \cdot (t_b - t_n), \quad (4.14)$$

где a, q, V, t_n – то же, что в формуле (4.13);

t_b – то же, что в формуле (4.4).

Таблица 4.4

Тепловой баланс помещения

1	Номера помещений
2	Наименование помещений
3	Температура внутреннего воздуха, °С
4	Вид ограждения
5	Ориентация по сторонам света
6	Линейные размеры ограждений, м
7	Площадь ограждений F , м ²
8	Вычитаемая площадь, м ²
9	Расчетная площадь, м ²
10	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_{г}$, (м ² °С)/Вт
11	Расчетная разность температур $t_{в} - t_{ext}$, °С
12	Коэффициент принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, n
13	Добавочные потери теплоты в долях единиц на стороны света
14	прочие
15	сумма добавок
16	Потери теплоты ограждением, Вт
17	Потери теплоты на инфильтрацию, Вт
18	Тепловыделение в помещении, Q_h , Вт
19	Тепловыделение в помещении с учетом коэффициента η_i : $Q_h (1-\eta_i)$
20	Потери теплоты помещением, Вт

4.4. Выбор системы отопления и ее конструирование

Системы отопления и отопительные приборы, теплоноситель и его предельную температуру следует принимать по приложению Л [1].

Системы отопления с трубами из полимерных материалов следует проектировать с параметрами теплоносителя, не превышающими предельно-допустимых значений, указанных в нормативном документе на изготовление, но не более 90 °С и более 1 МПа.

Системы отопления зданий, следует проектировать, обеспечивая равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрывопожарную безопасность и доступность для очистки и ремонта.

Системы отопления следует проектировать с автоматическим регулированием теплового потока. Для зданий с расчетным значением теплового потока 50 кВт и менее автоматическое регулирование теплового потока при технико-экономическом обосновании допускается не предусматривать.

При выборе системы отопления необходимо учитывать объемно-планировочное решение здания, его назначение, а также область рационального применения той или иной системы отопления.

Системы с нижней разводкой магистралей следует применять в первую очередь в бесчердачных зданиях с совмещенными кровлями. В зданиях с чердаками следует применять системы с верхней разводкой. Верхний предел этажности зданий, в которых возможно устройство вертикальных однотрубных систем отопления в одну зону, определяется условиями механической прочности отопительных приборов под воздействием гидростатического давления. Двухтрубные вертикальные системы с верхней разводкой вследствие неизбежной начальной разрегулировки применяют в зданиях высотой не более 3 этажей, с нижней разводкой в зданиях не более 7 этажей. Однотрубные горизонтальные системы применяют в зданиях малой этажности при их большой протяженности в плане и в зданиях большой этажности при наличии удлиненных световых проемов.

Однотрубные горизонтальные системы могут применяться и при отсутствии перечисленных выше условий при необходимости поэтажного включения и регулирования системы отопления. Выполняются однотрубные горизонтальные системы обычно с рабочими замыкающими участками, проточные регулируемые системы отопления распространения не получили из-за затруднений при установке и пользовании трехходовыми кранами, а также при спуске воды из ветвей.

Вертикальные однотрубные системы с "опрокинутой" циркуляцией

воды применяют в чердачных зданиях повышенной этажности (десять и более этажей).

Бифилярные системы отопления могут быть выполнены вертикальными и горизонтальными. Такие системы применимы для помещений, различных по назначению. Недостатком бифилярной системы является отсутствие регулирования по "теплоносителю" тепловой мощности отдельных отопительных приборов, весьма хорошо сочетается бифилярная система с конвекторами.

Вертикальная бифилярная система с П-образными стояками применяется также при панельном отоплении.

Из центральных насосных систем водяного отопления наиболее индустриальной в монтаже является однотрубная система с присоединением отопительных приборов к стояку с одной стороны.

Не менее чем у 50% отопительных приборов, устанавливаемых в одном помещении, следует устанавливать регулируемую арматуру (трехходовые или шаровые краны, краны двойной регулировки, автоматические терморегуляторы) за исключением приборов в помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя. Регулирующую арматуру для отопительных приборов однотрубных систем отопления следует принимать с минимальным гидравлическим сопротивлением, а для приборов двухтрубных систем – с повышенным гидравлическим сопротивлением. Подбор регулирующей арматуры следует производить по значению пропускной способности.

Для конвекторов с воздушными регулирующими клапанами устанавливать регулируемую арматуру на подводках не следует.

При применении трехходовых кранов или трехходовых термостатических клапанов система наиболее экономична по расходу отопительных приборов.

Прокладка стальных и медных (латунных) трубопроводов систем отопления должна предусматриваться открытой. При обосновании допускается скрытая прокладка указанных трубопроводов. Прокладка труб из полимерных материалов должна предусматриваться скрытой: в конструкции пола, за экранами, в шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка указанных трубопроводов по техническим этажам (подпольям), где исключается их механическое повреждение, внешний нагрев наружной поверхности труб более 90 °С, прямое воздействие ультрафиолетового излучения.

Отопление лестничных клеток не следует проектировать для зданий, оборудуемых системами квартирного отопления. Отопительные приборы в лестничных клетках следует, как правило, размещать на первом этаже. Отопительные приборы не следует размещать в отсеках тамбуров, имеющих на-

ружные двери. Отопительные приборы лестничной клетки следует присоединять к отдельным ветвям или стоякам систем отопления по однотрубной проточной схеме. Отопление лестничных клеток следует, как правило, предусматривать с помощью рециркуляционных воздухонагревателей (мощностью 5 – 25 кВт), собранных из нагревателей конвекторов типа "Комфорт" или калориферов, располагаемых в нижней части лестничных клеток. При мощности отопительной установки лестничной клетки до 5 кВт предусматривают обычные отопительные приборы.

Отопительные приборы размещаются преимущественно под окнами или у наружных стен. Это правило может не соблюдаться в помещениях, в которых нет фиксированных рабочих мест близ окон в наружных стенах (на расстоянии 2 м и менее от них). Примером подобных помещений являются торговые залы магазинов, лестничные клетки зданий и т.п.

При наличии тройных дверей с двумя тамбурами, установку отопительных приборов следует предусматривать во внутреннем тамбуре. Особые требования предъявляются к размещению отопительных приборов в лестничных клетках. Естественное движение воздуха в них, усиливающееся с увеличением высоты, способствует переносу теплоты в верхнюю часть и переохлаждению в нижней части. Поэтому в лестничных клетках целесообразно концентрировать отопительные приборы в нижней части, рядом с входными дверями. Распределение поверхности отопительных приборов по этажам в лестничной клетке рекомендуется осуществлять в соответствии с табл.4.5.

Таблица 4.5

Распределение тепловой нагрузки в лестничных клетках

Общее число этажей	Рассматриваемый этаж						
	1	2	3	4	5	6	7
2	100	-	-	-	-	-	-
3	100	-	-	-	-	-	-
4	100	-	-	-	-	-	-
5	50	25	15	10	-	-	-
6	50	20	15	15	-	-	-
7	45	20	15	10	10	-	-
8	45	25	15	-	10	5	-
9	45	25	15	-	10	5	-
10	40	25	15	-	10	-	10

Отопительные приборы, проектируемые для установки на лестничных клетках зданий и располагаемые на высоте до 2 м от пола площадок и от сту-

пений, следует размещать так, чтобы не сокращать требуемую ширину маршей и промежуточных площадок и не образовывать выступы из плоскости стен на уровне движения людей.

Разностороннее присоединение трубопроводов следует предусматривать при длине радиатора более 2 м (более 1,5 м – в системах с естественной циркуляцией), а также к радиаторам, присоединенных на «сцепке», при количестве их более двух.

В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения; в зданиях с числом этажей 4 и более на каждом стояке следует предусматривать краны со штуцерами для присоединения гибких шлангов. В горизонтальных системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения на каждом этаже зданий с любым числом этажей.

При проектировании отопления жилых зданий необходимо предусматривать технические решения, обеспечивающие регулирование потребляемой теплоты и учет расхода теплоты на отопление каждой квартирой, помещениями общественного назначения, расположенными в доме, а так же зданием в целом в соответствии с требованиями СНиП 2.04.07.

Для определения расхода теплоты каждой квартирой в жилых зданиях следует предусматривать одно из следующих технических решений:

- устройство квартирных систем отопления с горизонтальной разводкой труб и установкой счетчика расход теплоты для каждой квартиры;
- поквартирный учет с применением индикаторов расхода теплоты, устанавливаемых на каждом отопительном приборе.

4.5 Гидравлический расчет трубопроводов

После того, как построена аксонометрическая схема системы отопления, приступают к гидравлическому расчету системы.

Целью гидравлического расчета является подбор сечений трубопроводов, достаточных для пропуска заданного количества теплоносителя. Гидравлический расчет трубопроводов производится в двух циркуляционных кольцах одной из частей системы отопления. Расчет начинают с наиболее неблагоприятного циркуляционного кольца. Кольцом циркуляции вообще называется кратчайший путь движения воды от водонагревателя (элеватора) через отопительный прибор (стояк) обратно в водонагреватель (элеватор).

Неблагоприятным циркуляционным кольцом следует считать:

- при естественной циркуляции - кольцо, у которого в зависимости от расчетного циркуляционного давления значение удельной ориентировочной потери давления на трение R_{cp} , Па/м, будет наименьшим;

- при искусственной циркуляции и тупиковой разводке в однетрубных системах - кольцо через наиболее удаленный (от узла управления) стояк;
- при искусственной циркуляции и попутном движении воды в однетрубных системах – кольцо через наиболее нагруженный стояк;
- в двухтрубных системах – кольцо через самый низко расположенный (над водонагревателем или элеватором) прибор наиболее удаленного стояка (для тупиковых систем) и самого нагруженного стояка (для систем с попутным движением);
- в горизонтальных однетрубных системах – кольцо через ветвь верхнего этажа.

Неблагоприятное циркуляционное кольцо служит показателем допустимого расхода давления по всем остальным кольцам в системе, в нем расходуется максимальное давление на трение и местные сопротивления.

После выбора неблагоприятного циркуляционного кольца составляется, так называемая, расчетная схема. Допускается совмещать расчетную схему с аксонометрической. На расчетной схеме проставляются исходные данные для расчета (номера и длины расчетных участков, тепловые нагрузки на участок).

Участки трубопровода неблагоприятного циркуляционного кольца нумеруются. Над выносной линией номера каждого участка проставляется тепловая нагрузка этого участка, а под выносной линией – длина участка. Расчетным участком называется отрезок трубопровода, на котором остаются постоянными тепловая нагрузка и диаметр. Практически чаще всего участок начинается у одного разветвления и кончается у другого разветвления. Под тепловой нагрузкой на участок подразумевают теплопередачу отопительных приборов, обслуживаемых данным участком трубопровода. Так как в системах отопления могут быть применены различные отопительные приборы с различным способом установки, то при определении теплопередачи (тепловой нагрузки) каждого отопительного прибора Q_{np} следует учитывать коэффициенты b_1, b_2, K то есть

$$Q_{np} = Q_T \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot K, \quad (4.15)$$

где Q_T – тепловая нагрузка отопительного прибора полученная в результате составления теплового баланса;

b_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины, принимаемый по [1];

b_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами, располагаемыми у наружных ограждающих конструкций, принимаемый по [1];

K – повышающий коэффициент для учета попутной теплопередачи через стенки теплопроводов, проложенных в неотапливаемых помещениях (не более 1,03).

Участки нумеруются, начиная от элеватора (подающего коллектора) по подающему трубопроводу в направлении к рассматриваемому стояку и далее по обратному трубопроводу в направлении к элеватору (обратному коллектору).

Подсчитывается расчетное циркуляционное давление для циркуляции теплоносителя. В общем виде величина расчетного циркуляционного давления ΔP_{pc} , Па, для систем с естественной циркуляцией определяется по формуле:

$$\Delta P_{pc} = \Delta P_{enp} + \Delta P_{etp}, \quad (4.16)$$

где ΔP_{enp} – естественное давление, возникающее в рассматриваемом циркуляционном кольце от остывания воды в отопительных приборах. Па;

ΔP_{etp} – дополнительное естественное давление от охлаждения воды в трубопроводах. Па.

Для систем с искусственной циркуляцией величина расчетного циркуляционного давления определяется по формуле:

$$\Delta P_{pc} = \Delta P_n + B \cdot (\Delta P_{enp} + \Delta P_{etp}), \quad (4.17)$$

где ΔP_n – искусственное давление, создаваемое насосом или элеватором. Па;

B – коэффициент, который вводится с целью уменьшения тепловой разрегулировки системы отопления;

ΔP_{enp} , ΔP_{etp} , – то же, что в формуле (4.16).

Величину коэффициента B рекомендуется принимать равной 0,4 для двухтрубных и горизонтальных систем и 1 для однетрубных систем.

Величину естественного давления, возникающего в рассматриваемом кольце от остывания воды в отопительных приборах, следует определять по формулам:

– для двухтрубных систем с верхней и нижней разводкой по формуле

$$\Delta P_{enp} = g \cdot h_i \cdot (\rho_o - \rho_z), \quad (4.18)$$

где g – ускорение силы тяжести, м²/с;

h_i – вертикальное расстояние от середины водонагревателя (элеватора) до середины рассматриваемого отопительного прибора, м, (рис.4.3 и рис.4.4);

ρ_o, ρ_z – плотности, соответственно обратной и горячей воды, кг/м³;

– для систем однотрубных вертикальных с верхней разводкой по формуле

$$\Delta P_{enp} = g \cdot h_1 \cdot (\rho_{cm(1)} - \rho_z) + g \cdot h_2 \cdot (\rho_{cm(2)} - \rho_z) + \dots \\ \dots + g \cdot h_n \cdot (\rho_o - \rho_z) \quad , \quad (4.19)$$

где h_1, h_2 – вертикальные расстояния для систем отопления с рабочими осевыми и смещенными замыкающими участками от низа приборов одного этажа до низа приборов следующего этажа (рис.4.5), для систем отопления проточных от центра приборов одного этажа до центра приборов следующего этажа, м (рис.4.6);

h_n – вертикальное расстояние от середины водонагревателя (элеватора) до низа или центра (для проточных систем) прибора нижнего этажа, м (см. рис. 4.5 и рис.4.6);

g, ρ_o, ρ_z – то же, что в формуле (4.18);

$\rho_{cm(1)}, \rho_{cm(2)}$ – плотность воды на соответствующих участках стояка, кг/м³ (см.рис.4.5 и рис.4.6).

– для систем однотрубных с нижней разводкой по формуле

$$\Delta P_{enp} = g \cdot h_1 \cdot (\rho_{cm(1)o} - \rho_{cm(1)n}) + g \cdot h_2 \cdot (\rho_{cm(2)o} - \rho_{cm(2)n}) + \dots \\ \dots + g \cdot h_n \cdot (\rho_o - \rho_z) \quad , \quad (4.20)$$

где g, ρ_o, ρ_z – то же, что в формуле (4.18);

h_1, h_2 – вертикальное расстояние от низа приборов одного этажа до низа приборов следующего этажа для систем отопления с рабочими замыкающими участками, от центра приборов этажа до центра приборов следующего этажа для систем отопления проточных, м (рис.4.7, 4.8);

h_n – вертикальное расстояние от середины водонагревателя (элеватора) до низа или центра (для проточных систем) прибора первого этажа, м (рис.4.7, 4.8);

$r_{см(1)o}, r_{см(2)o}$ – плотности воды на соответствующих участках опускной части стояка, кг/м³ (рис.4.7, 4.8);

$r_{см(1)n}, r_{см(2)n}$ – плотности воды на соответствующих участках подъемной части стояка, кг/м³ (рис.4.7, 4.8).

– для систем однотрубных горизонтальных по формуле (4.18), причем величина h , м, принимается в соответствии с рис.4.9 в зависимости от типа приборного узла (схемы соединения отопительных приборов).

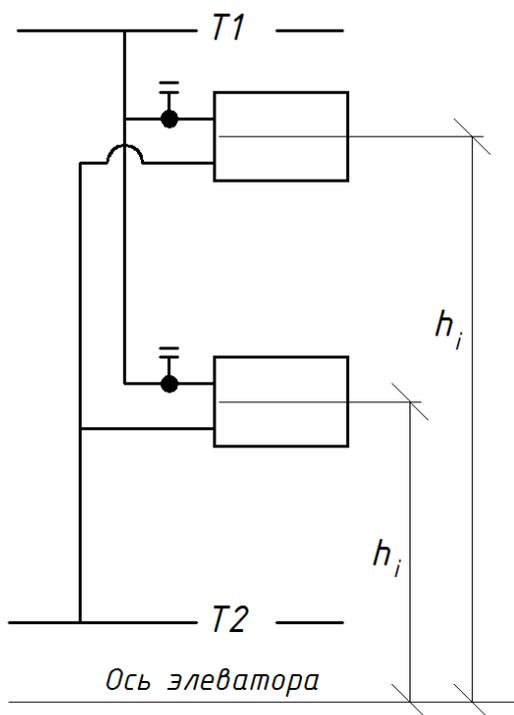


Рис.4.3. Расчетная схема вертикального двухтрубного стояка при верхней разводке

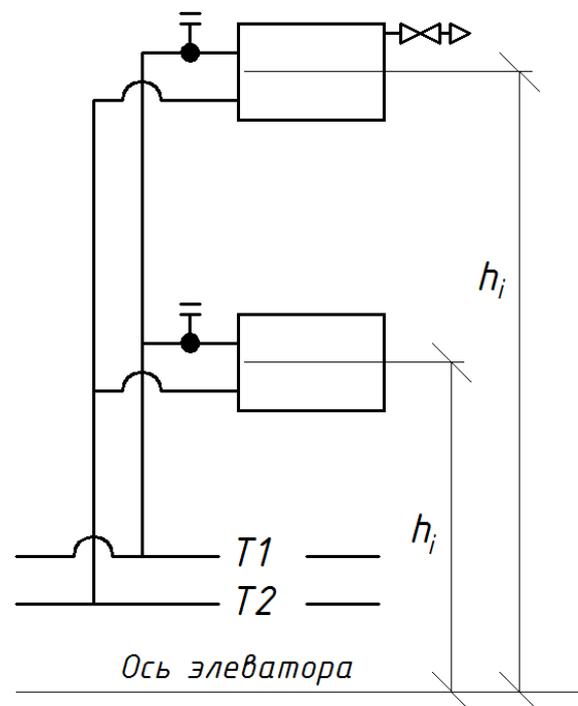


Рис.4.4. Расчетная схема вертикального двухтрубного стояка при нижней разводке

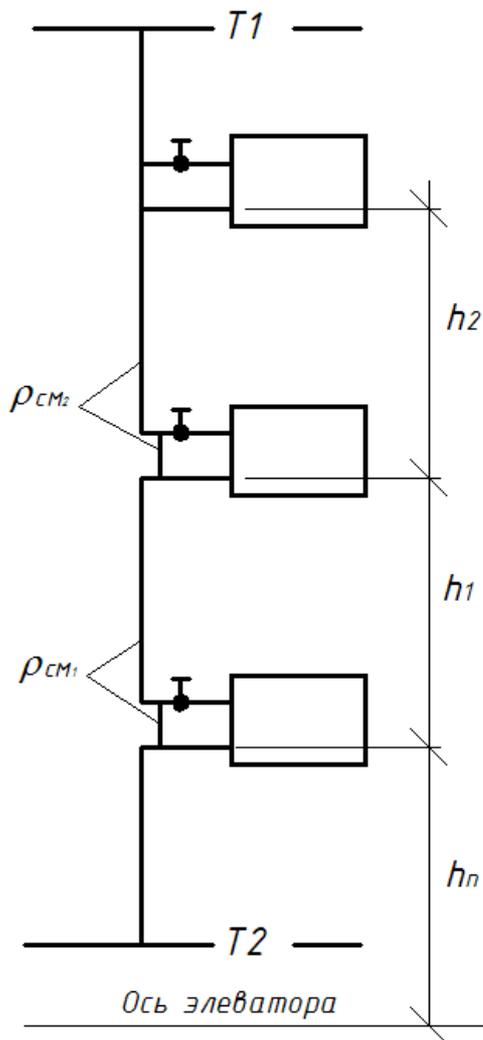


Рис.4.5. Расчетная схема вертикального однетрубного стояка при верхней разводке и рабочих замыкающих участках

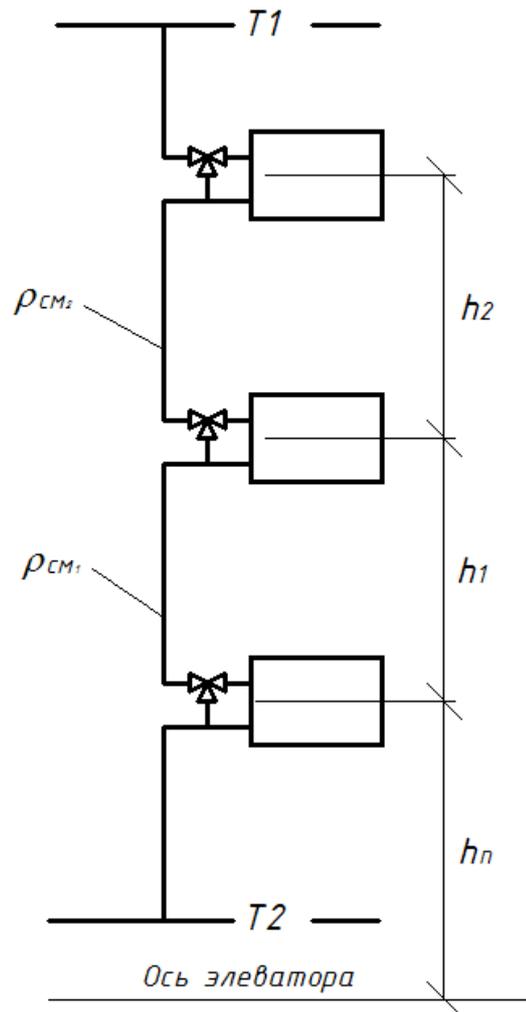


Рис.4.6. Расчетная схема вертикального однетрубного проточного стояка при верхней разводке

– для систем однетрубных с "опрокинутой" циркуляцией по формуле

$$\Delta P_{епр} = g \cdot h_1 \cdot (r_o - r_{cm(1)}) + g \cdot h_2 \cdot (r_o - r_{cm(2)}) + \dots + g \cdot h_n \cdot (r_o - r_2), \quad (4.21)$$

где g, r_o, r_2 – то же, что в формуле (4.18);

h_1, h_2 – вертикальные расстояния для систем отопления проточных от центра приборов одного этажа до центра приборов следующего этажа, м (рис.4.10);

h_n – вертикальное расстояние от середины водонагревателя (элеватора) до центра (для проточных систем) прибора нижнего этажа, м (рис.4.10);

$\rho_{cm(1)}, \rho_{cm(2)}$ – плотности воды на соответствующих участках стояка, кг/м³ (см. рис. 4.10).

Величину дополнительного естественного давления от охлаждения воды в трубопроводах ΔP_{emp} , Па, можно определить используя формулу (7.22) [19] или рис.11.1 [8].

В насосных системах с нижней разводкой и "опрокинутой" циркуляцией величину ΔP_{emp} допускается не учитывать.

Величину искусственного давления ΔP_n , Па, следует принимать:

- при зависимом присоединении системы отопления без смешения, а также со смесительным насосом на перемычке – равным разности давлений в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в точке ввода наружных теплопроводов в здание;

- при зависимом присоединении систем отопления со смешением в элеваторе – исходя из разности давлений в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в точке ввода наружных теплопроводов в здание и коэффициента смещения элеватора по рис.10.19 [8];

- при местном теплоснабжении, при независимом присоединении системы отопления, при зависимом со смесительным насосом на обратной или подающей магистрали – исходя из потери давления в системе при предельно допустимой скорости движения воды в трубопроводах.

Коэффициент смешения u следует определять по формуле

$$u = \frac{T - t_2}{t_2 - t_o}, \quad (4.22)$$

где T – расчетная температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;

t_2, t_o – расчетные температуры горячей и обратной воды в системе отопления, °С.

Скорость движения теплоносителя в трубах систем водяного отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня шума в помещении:

а) выше 40 дБА - не более 1,5 м/с в общественных зданиях и помещениях; не более 2 м/с в административно-бытовых зданиях и помещениях; не более 3 м/с в производственных зданиях и помещениях;

б) 40 дБА и ниже – по прил. П [1].

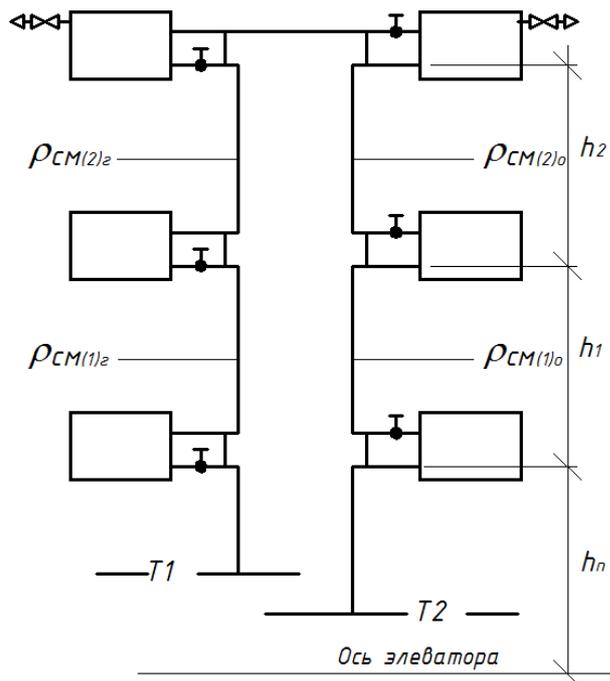


Рис.4.7. Расчетная схема вертикального однотрубного стояка при нижней разводке и рабочих замыкающих участках

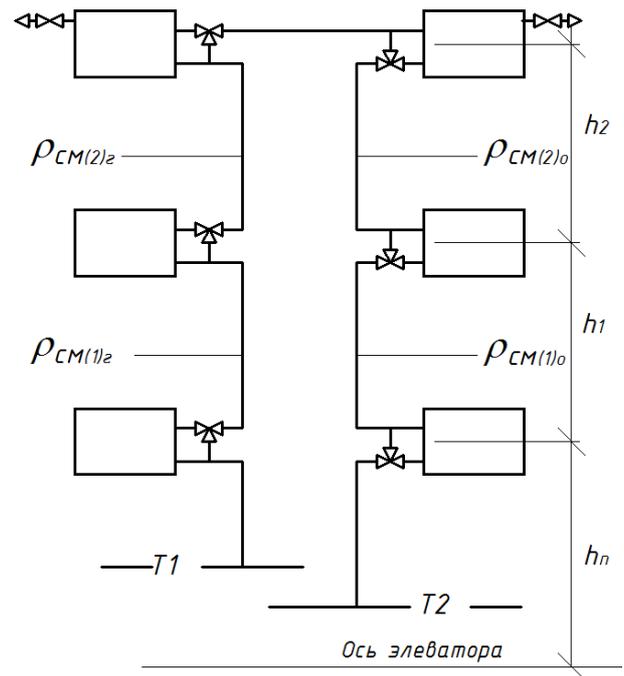


Рис.4.8. Расчетная схема вертикального однотрубного проточного стояка при нижней разводке

Плотность воды r , кг/м³, в зависимости от ее температуры может быть вычислена по формуле

$$r = 1000,3 - 0,06t - 0,0036t^2, \quad (4.23)$$

где t – температура воды, С.

В отопительной технике применяют различные методы гидравлического расчета трубопроводов. Наибольшее распространение имеют: метод удельной потери давления (наиболее точный) и метод характеристик сопротивления. Основные принципы расчета трубопроводов по методу характеристик сопротивления изложены на стр.329-332 [19]. При расчете трубопроводов по методу удельной потери давления для предварительного выбора диаметров участков неблагоприятного циркуляционного кольца находят ориентировочное значение удельной потери давления от трения при движении теп-

лоносителя по трубам R_{cp} , Па/м, по формуле

$$R_{cp} = \frac{\Delta P_{pc} \cdot \kappa}{\sum l}, \quad (4.24)$$

где ΔP_{pc} – то же, что в формуле (4.17);

κ – доля потерь давления на трение, принимаемая для систем с естественной циркуляцией равной 0,5; для систем с искусственной циркуляцией равной 0,65;

$\sum l$ – сумма длин участков расчетного кольца, м.

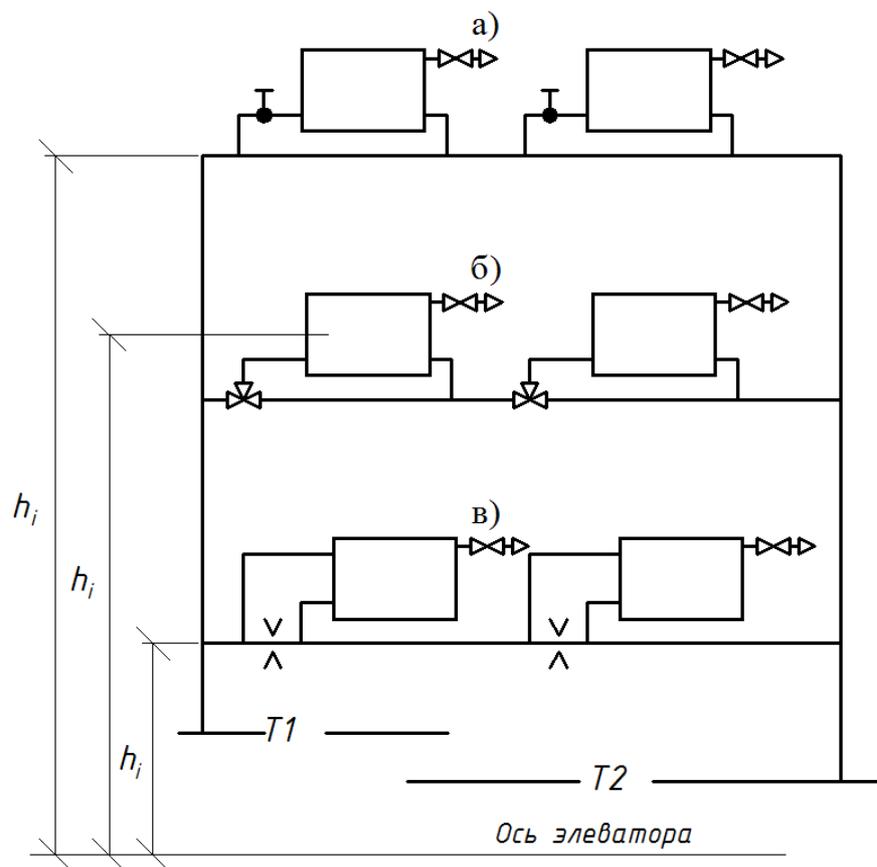


Рис.4.9. Расчетная схема горизонтальной однотрубной системы отопления: а) ; б) ; в)

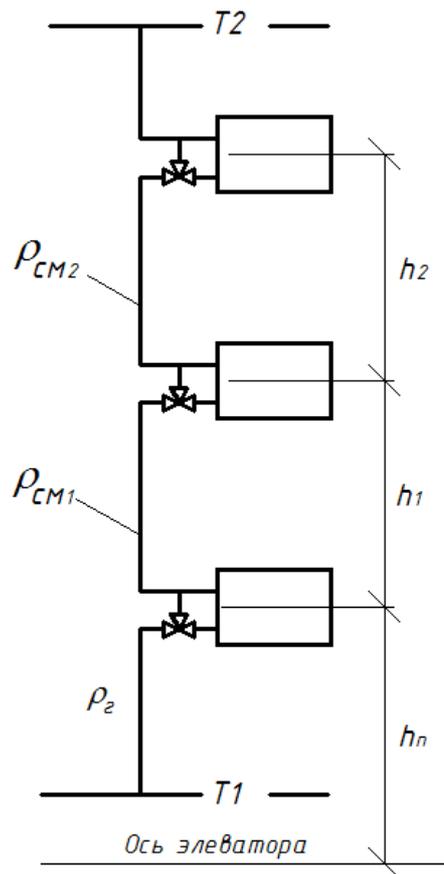


Рис.4.10. Расчетная схема вертикального однетрубного проточного стояка при «опрокинутой» циркуляции

При расчете стальных труб ориентируясь на вспомогательную величину R_{cp} по табл. 11.1 или 11.2 [8] принимаются диаметры участков (графа 5 расчетной табл. 4.6). При расчете полимерных и металлополимерных труб можно использовать таблицы приведенные в [9]. При расчете медных труб коэффициент гидравлического трения l следует определять по формулам (стр. 327), [19] в зависимости от режима движения воды в трубах и приборах систем отопления, принимая эквивалентную шероховатость внутренней поверхности труб $k_{и} = 0,11$ мм.

Далее по значению расходов воды определяется (с интерполяцией, если это потребуется) действительные величины скорости движения теплоносителя и удельной потери давления от трения R , Па/м. Эти величины записываются в расчетную таблицу (графы 6 и 7), причем необходимо стремиться к тому, чтобы скорость движения воды возрастала по мере увеличения и убывала по мере снижения тепловых нагрузок (расходов теплоносителя) без

резких скачков. Расходы воды в каждом стояке (ветви) и участках магистралей G_i , кг/ч, следует определять по формуле

$$G_i = \frac{3600 \cdot Q_i}{c \cdot (t_2 - t_0)}, \quad (4.25)$$

где Q_i – тепловая нагрузка участка, Вт;

c – теплоемкость воды, принимается равной 4190 Дж/кг·°С;

t_2, t_0 – то же, что в формуле (4.22).

Затем вычисляются потери давления от трения на всех участках RL , Па, путем умножения полученных величин R , Па/м, на соответствующие длины участков l , м.

Для определения динамического давления P_d , Па, при заполнении графы 10 расчетной таблицы можно воспользоваться формулой

$$P_d = \frac{W^2}{2} \cdot \rho, \quad (4.26)$$

где W – скорость движения воды, м/с;

ρ – плотность вода, кг/м³.

Прежде чем заполнять графу 11 расчетной таблицы, выписываются виды местных сопротивлений каждого участка и по таблицам П.10, П.11, П.12 приложения П [8], табл. 15 [9] значения коэффициентов местных сопротивлений. Затем определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений участка $\sum x$. В таблицах П.10÷П.12 приложения П [8] и табл. 15 [9] даны приближенные значения коэффициентов местных сопротивлений (к.м.с.). Расчет трубопроводов при пользовании этими данными значительно упрощается, хотя и не может считаться достаточно точным. При расчетах систем водяного отопления с естественной циркуляцией, типовом проектировании и в других случаях, когда нужна тщательная увязка расходуемых давлений во всех частях системы, следует пользоваться уточненными значениями к.м.с. Уточненные значения к.м.с. можно взять по таблицам П.13÷П.20 приложения П [8].

Таблица 4.6

Гидравлический расчет трубопроводов

1	Номера участков
2	Тепловая нагрузка участка Q_i , Вт
3	Расход воды в участке G_i , кг/ч
4	Длина участка l , м
5	Диаметр трубопровода d , мм
6	Скорость движения воды W , м/с
7	Потери давления от трения на 1 погонный метр R , Па
8	Потери от трения по длине участка Rl , Па
9	Сумма к.м.с. $\sum \xi$
10	Динамическое давление P_d , Па
11	Потери давления в местных сопротивлениях участка Z , Па
12	Сумма потерь давления по длине и в местных сопротив- лениях участка $Rl + Z$, Па

Коэффициенты местных сопротивлений тройников и крестовин, находящихся на границе двух участков, относятся к участку с меньшей тепловой нагрузкой (меньшим расходом теплоносителя). Потери давления в местных сопротивлениях получаются путем перемножения данных граф 9 и 10 расчетной таблицы 4.6. Суммируя потерю давления на трение (графа 8) и потерю в местных сопротивлениях Z , Па, (графа 11) получают общую потерю давления на расчетном участке. Общие потери давления в рассматриваемом циркуляционном кольце, получают путем суммирования величин потерь давления в отдельных участках (графа 12 расчетной таблицы). Величина этих потерь не должна превышать расчетного циркуляционного давления системы. Так как при монтаже системы отопления неизбежны некоторые незначительные отклонения от составленной расчетной схемы, общие потери давления $\sum(RL + Z)$, Па, в рассматриваемом кольце должны быть меньше расчетного циркуляционного давления на 10%. Другими словами, при расчете неблагоприятного циркуляционного кольца следует оставлять запас в размере 10 % на неучтенные потери давления.

Запас циркуляционного давления вычисляется по выражению

$$\frac{\Delta P_{pc} - \sum(RL + Z)}{\Delta P_{pc}} \cdot 100\% , \quad (4.27)$$

Если указанный процент запаса (10 %) не достигнут, то следует изменить диаметры отдельных участков кольца таким образом, чтобы общие потери давления увеличились (при уменьшении диаметров труб) или уменьшились (при увеличении диаметров).

В однетрубных системах водяного отопления потери давления в стояках (ветвях) должны составлять, как правило, не менее 70% общих потерь давления в циркуляционных кольцах без учета потерь давления в общих участках.

После расчета неблагоприятного циркуляционного кольца выбранной части системы выполняется расчет еще одного циркуляционного кольца в этой же ветви. При попутном движении воды в магистральных это кольцо должно включать ближний либо дальний (считая от узла управления системой) стояк. При тупиковом движении воды в магистральных в это кольцо включается ближний (от узла управления системой) стояк. В горизонтальных однетрубных системах в это кольцо включается ветвь нижнего этажа. Расчет дополнительного циркуляционного кольца сводится к выбору диаметров труб, чтобы была обеспечена увязка потерь давления в параллельно соеди-

ненных группах участков (в ранее рассчитанных неблагоприятного кольца и в еще не рассчитанных дополнительного кольца). Потери давления в группе ранее рассчитанных участков неблагоприятного кольца, выписанные из расчетной таблицы 4.6 (без учета тех участков, которые являются общими для сравниваемых колец), принимаются при этом за располагаемое циркуляционное давление для расчета любой группы участков дополнительного кольца. Таким образом, данные для последующих гидравлических расчетов получаются из уже выполненного расчета основного (неблагоприятного) циркуляционного кольца системы отопления. Это располагаемое циркуляционное давление может быть определено по выражению

$$\Delta P_p = \sum (RL + Z)' , \quad (4.28)$$

где ΔP_p – располагаемое циркуляционное давление для расчета новой группы участков дополнительного кольца, Па;

$\sum (RL + Z)'$ – сумма потерь давления в группе уже рассчитанных участков неблагоприятного циркуляционного кольца, параллельно соединенных с подлежащей расчету группой участков (выписывается из расчетной таблицы 4.6). При однотрубной системе рекомендуется, кроме того, учитывать разницу естественных давлений в стояках и ветвях, входящих в рассматриваемые кольца.

В результате расчета новой группы участков дополнительного кольца потери давления в них должны быть сопоставлены с величиной ΔP_p , Па, с вычислением процента невязки по выражению

$$\frac{\Delta P_p - \sum (RL + Z)_{дон}}{\Delta P_p} \cdot 100\% , \quad (4.29)$$

где $\sum (RL + Z)_{дон}$ – сумма потерь давления в группе участков дополнительного циркуляционного кольца. Па.

В системах водяного отопления тупиковых допускается невязка 15 %, при попутном движении воды в магистралях – 5 %.

Диаметры участков трубопроводов, не вошедших в рассматриваемые кольца, подбираются ориентировочно (без детального расчета и составления расчетных таблиц) путем сопоставления их тепловых нагрузок с нагрузками расчетных участков. Выбранные диаметры наносятся непосредственно на

планы этажей, разрезы по зданию и схему трубопроводов.

4.6. Выбор и расчет отопительных приборов

Выбор типа отопительного прибора следует осуществлять с учетом технико-экономических и архитектурных требований с учетом рекомендаций приложения Л [1].

Конвекторы «Комфорт – 20М» предназначены в первую очередь для жилых зданий. Допускается их использовать в общественных зданиях и тех помещениях, где нет массового потока практически не контролируемых посетителей.

Расчет отопительных приборов может быть выполнен по методике, изложенной в [29], [8] и других литературных источниках. Детальный расчет поверхности и числа элементов производится у всех отопительных приборов двух стояков (ветвей) системы отопления, для которых выполняется гидравлический расчет. Для всех остальных отопительных приборов системы ориентировочно определяется число элементов с использованием данных о номинальном тепловом потоке отопительных приборов. Число элементов в отопительном приборе или число приборов определяется путем деления тепловой нагрузки отопительного прибора на номинальный тепловой поток элемента или прибора. Результаты ориентировочного расчета числа элементов или приборов заносятся на планы этажей без составления расчетной таблицы.

Расчет сводится к определению площади поверхности приборов и числа конструктивных элементов. Расчетная площадь F_p , м², отопительного прибора определяется по формуле

$$F_p = \frac{Q_{np} - 0,9Q_{mp}}{q_{np}}, \quad (4.30)$$

где Q_{np} – требуемая теплоотдача прибора в рассматриваемое помещение (тепловая нагрузка отопительного прибора), Вт;

q_{np} – поверхностная плотность теплового потока прибора, Вт/м²;

Q_{mp} – суммарная теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения труб, Вт;

0,9 – коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи теплопроводов, полезную для поддержания заданной температуры воздуха в помещении.

Суммарную теплоотдачу открыто проложенных в пределах помещения

труб Q_{mp} , Вт, вычисляют по формуле.

$$Q_{mp} = \sum K_{mp} \cdot p \cdot d_n \cdot l \cdot (t_m - t_g), \quad (4.31)$$

где K_{mp} – коэффициент теплопередачи отдельного трубопровода, Вт/м²·°С;
 d_n – наружный диаметр отдельного трубопровода, м;
 l – длина отдельного трубопровода, м;
 t_m – средняя температура теплоносителя в отдельном трубопроводе, °С;
 t_g – температура воздуха в помещении, °С.

Значения коэффициентов теплопередачи K_{mp} , Вт/м²·°С, одиночных горизонтальных или вертикальных стальных труб при теплоносителе воде можно принимать по табл.4.7.

Таблица 4.7

Коэффициенты теплопередачи трубопроводов

Наружный диаметр трубы d_n , мм	Значения K_{mp} при разности средней температуры воды в трубопроводе и температуры воздуха помещения, °С								
	40÷44	45÷49	50÷54	55÷59	60÷64	65÷69	70÷74	75÷80	более 80
до 32	12,8	12,8	13,4	13,4	13,9	13,9	14,5	14,5	14,5
от 38 до 108	11	11	11,6	11,6	12,2	12,2	12,8	12,8	13,4
от 133 до 159	11	11	11,6	11,6	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2

Поверхностная плотность теплового потока прибора q_{np} , Вт/м², при теплоносителе воде может быть определена по формуле

$$q_{np} = q_{ном} \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{n+1} \cdot \left(\frac{G_{np}}{0,1} \right)^p \cdot \epsilon \cdot Y \cdot Z, \quad (4.32)$$

где $q_{ном}$ – номинального плотность теплового потока прибора, Вт/м²;
 Δt_{cp} – фактический температурный напор, °С;
 n – эмпирический показатель степени при температурном напоре принимается по табл. 9.2 [8];

G_{np} – фактический расход теплоносителя через прибор, кг/с;

p – эмпирический показатель степени при расходе теплоносителя принимается по табл. 9.2 [8];

70 °С и 0,1°С кг/с – соответственно температурный напор и расход теплоносителя через прибор при стандартных условиях;

v – поправочный коэффициент на атмосферное давление принимается по табл. 9.1. [8];

Ψ – коэффициент, учитывающий уменьшение плотности теплового потока при движении теплоносителя через отопительный прибор по схеме «снизу-вверх»;

Z – коэффициент, учитывающий схему присоединения прибора и изменение показателя степени p в различных диапазонах расхода теплоносителя.

Основные характеристики некоторых отопительных приборов приведены в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Основные характеристики некоторых отопительных приборов.

Отопительные приборы	Условные обозначения типоразмеров	Номинальная плотность теплового потока $q_{ном}$, Вт/м ²	Площадь поверхности нагрева, м ²	Номинальный тепловой поток, Вт
Радиаторы чугунные секционные	2КП90×500	710	0,155	110
	2К-60П-500	607	0,206	125
	2К-60П-300	643	0,126	81
Конвекторы	Миф-100	500	0,2	100
	Миф-200	500	0,4	200

Значение атмосферного (барометрического) давления воздуха для данной местности следует принимать по прил. Е [1].

Фактический температурный напор Δt_{cp} , °С, в однотрубных системах отопления при теплоносителе воде определяется по формуле

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_{в}, \quad (4.33)$$

где t_{cp} – средняя температура воды в приборе, °С;

$t_{в}$ – температура воздуха в помещении, °С.

Средняя температура воды в отопительном приборе t_{cp} , °С, в однотрубных системах отопления при теплоносителе воде определяется по формуле

$$t_{cp} = t_{ex} - \frac{0,5 \cdot Q_{np}}{c \cdot G_{np}}, \quad (4.34)$$

где t_{ex} – температура воды, входящей в отопительный прибор, °С;

Q_{np} – то же, что в формуле (4.30);

c – теплоемкость воды, Дж/кг·°С;

G_{np} – то же, что в формуле (4.32).

В двухтрубных системах водяного отопления средняя температура воды в приборах определяется по формуле

$$t_{cp} = 0,5 \cdot (t_2 - \Delta t_m + t_o), \quad (4.35)$$

где t_2 – температура горячей воды в системе отопления, °С;

Δt_m – понижение температуры воды в подающей магистрали по пути от теплового пункта до места присоединения к ней стояка, ветви, °С, принимается с учетом рекомендаций изложенных на стр. 45 [8].

t_o – температура обратной воды в системе отопления, °С.

Понижение температуры воды на 1 м изолированной магистрали системы отопления, проложенной на чердаке, при условных диаметрах труб 10 ÷ 20 мм следует принимать равным 0,2 °С [12].

Температура воды, входящей в отопительный прибор, t_{ex} , °С, в однотрубных системах водяного отопления принимается равной температуре воды на соответствующих участках стояка (ветви) и определяется по формуле

$$t_{ex} = t_2 - \Delta t_m - \frac{\sum Q_{np}}{Q_{cm}} \cdot \Delta t_{cm}, \quad (4.36)$$

где t_2 , Δt_m – то же, что в формуле (4.35);

$\sum Q_{np}$ – суммарная тепловая нагрузка отопительных приборов присоединенных к стояку (ветви) до рассматриваемого участка, считая по ходу движения воды, Вт;

Δt_{cm} – разность температур теплоносителя на входе и выходе из стояка

(ветви), °С; определяется по формуле

$$\Delta t_{cm} = t_2 - \Delta t_m - t_o, \quad (4.37)$$

где t_2 , Δt_m , t_o – то же что в формуле (4.35).

Фактический расход теплоносителя через прибор G_{np} , кг/с, в двухтрубных системах отопления определяется по формуле

$$G_{np} = \frac{Q_{np}}{c \cdot (t_2 - \Delta t_m - t_o)}, \quad (4.38)$$

где c , G_{np} – то же что в формуле (4.34);

t_2 , Δt_m , t_o – то же что в формуле (4.35).

В однотрубных системах отопления фактический расход теплоносителя через прибор G_{np} , кг/с, определяется по формуле

$$G_{np} = a \cdot G_{cm}, \quad (4.39)$$

где a – коэффициент затекания воды в отопительный прибор, определяется по табл. 9.3 [8];

G_{cm} – расход воды через стояк (ветвь), кг/с, определяется по формуле

$$G_{cm} = \frac{Q_{cm}}{c \cdot \Delta t_{cm}}, \quad (4.40)$$

где Q_{cm} , Δt_{cm} – то же, что в формуле (4.36);

c – то же, что в формуле (4.34).

Коэффициент Ψ , учитывающий уменьшение плотности теплового потока отопительного прибора при движении теплоносителя через прибор по схеме «снизу – вверх» (для приборов с расположением присоединительных штуцеров в одной вертикальной плоскости), определяется по формуле

$$\Psi = 1 - a \cdot (t_{ex} - t_{вых}), \quad (4.41)$$

где a – коэффициент в зависимости от типа отопительного прибора, равный:

0,006 – для чугунных секционных радиаторов;

0,002 – для конвекторов настенных типа «Аккорд»;

t_{ex} – то же, что в формуле (4.34);

$t_{вых}$ – температура теплоносителя на выходе из отопительного прибора, °С.

Температура теплоносителя на выходе из отопительного прибора $t_{вых}$, °С, определяется по формуле

$$t_{вых} = t_{ex} - \frac{Q_{np}}{c \cdot G_{np}}, \quad (4.42)$$

где t_{ex} – то же, что в формуле (4.34);

Q_{np} , c , G_{np} – то же, что в формуле (4.34).

Значение коэффициента Z , учитывающего схему присоединения прибора и изменение показателя степени p в различных диапазонах теплоносителя можно принимать по табл. 4.9.

Таблица 4.9

Значение коэффициента Z

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя через отопительный прибор	Расход теплоносителя G_{np} , кг/с	Значение коэффициента Z
Радиатор чугунный секционный	Сверху - вниз	0,005-0,014	1,039
		0,015-0,149	1
		0,15-0,25	0,996
	Снизу - вверх	0,005-0,017	1,113
		0,018-0,25	0,97
	Снизу - вниз	0,005-0,032	1,092
0,033-0,25		1	

Для конвекторов типа «Комфорт – 20 М», «Аккорд» значение коэффициента Z следует принимать равным 1.

Число элементов (секций) N в чугунном радиаторе вычисляется по найденной их поверхности нагрева по формуле

$$N = \frac{F_p}{f_3 \cdot b_3} \cdot b_4, \quad (4.43)$$

где F_p – то же, что в формуле (4.30);

f_3 – поверхность нагрева одного элемента принятого типа радиатора, м², принимается по табл. 4.8;

b_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число элементов в приборе;

b_4 – коэффициент, учитывающий условия установки отопительного прибора, принимается по табл. 9.12 [8].

При открытой установке отопительного прибора значение коэффициента b_4 можно принимать равным 1.

Величина коэффициента b_3 может быть определена по формуле

$$b_3 = 0,92 + \frac{0,16}{F_p}, \quad (4.44)$$

где F_p – то же, что в формуле (4.30).

Количество конвекторов с кожухом определяется по формуле

$$N = \frac{F_p}{f_3}, \quad (4.45)$$

где F_p – то же, что в формуле (4.30);

f_3 – поверхность нагрева одного конвектора, м².

Количество конвекторов «Аккорд», «Миф-100», и «Миф-200» определяется по формуле

$$N = \frac{F_p}{n \cdot f_3}, \quad (4.46)$$

где F_p – то же, что в формуле (4.30);

f_3 – поверхность нагрева конвекторов, м²; принимается по табл. 4.8;

n – число рядов в приборе по вертикали.

При округлении дробного расчетного числа элементов или приборов до целого числа следует иметь в виду, что номинальный тепловой поток устанавливаемого отопительного прибора не следует принимать менее чем на 5% или на 60 Вт от требуемого по расчету.

4.7. Расчет отдельных элементов системы отопления

4.7.1. Элеваторы

Подбор элеватора для системы отопления производится в следующей последовательности.

Расход воды, поступающей из теплосети G_1 , кг/с, определяется по формуле

$$G_1 = \frac{Q_c}{c \cdot (T - t_o)}, \quad (4.47)$$

где Q_c – тепловая мощность системы отопления, Вт;

c – то же, что в формуле (4.42);

T, t_o – то же, что в формуле (4.22).

Расход смешанной воды $G_{см}$, кг/с, поступающей в систему отопления, определяется по формуле

$$G_{см} = \frac{Q_c}{c \cdot (t_2 - t_o)}, \quad (4.48)$$

где Q_c, c – то же, что в формуле (4.47);

t_2, t_o – то же, что в формуле (4.35).

Приведенный расход смешанной воды G_{np} , кг/с, определяется по формуле

$$G_{np} = 101 \cdot \frac{G_{см}}{\sqrt{\Delta P_n}}, \quad (4.49)$$

где $G_{см}$ – то же, что в формуле (4.48);

ΔP_n – то же, что в формуле (4.17).

Диаметр горловины элеватора d_2 , мм, определяется по формуле

$$d_z = 16 \cdot \sqrt{G_{np}}, \quad (4.50)$$

где G_{np} – то же, что в формуле (4.49). Определив диаметр горловины по табл.4.10 подбирают элеватор с ближайшим по размеру диаметром горловины. Размеры элеватора (ТУ РБ 14520298.014-98) приведены в табл. 4.10 и на рис. 4.11.

Оптимальный диаметр сопла элеватора d_c , мм, определяется по формуле

$$d_c = \frac{d_z}{1+u}, \quad (4.51)$$

где d_z – то же, что в формуле (4.50)

u – то же, что в формуле (4.22).

При известном располагаемом давлении в теплосети на вводе у элеватора $(P_1 - P_2) \cdot 10^{-4}$, Па, определяется избыточное давление на вводе $\Delta P_{изб}$, Па, по формуле

$$\Delta P_{изб} = (P_1 - P_2) \cdot 10^{-4} - \Delta P_n, \quad (4.52)$$

где ΔP_n – то же, что в формуле (4.49).

Диаметр сопла элеватора в этом случае определяется:

$$d_c = 183 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_1^2}{\Delta P_{изб}}} \quad (4.53)$$

где G_1 – то же, что в формуле (4.47);

$\Delta P_{изб}$ – то же, что в формуле (4.52).

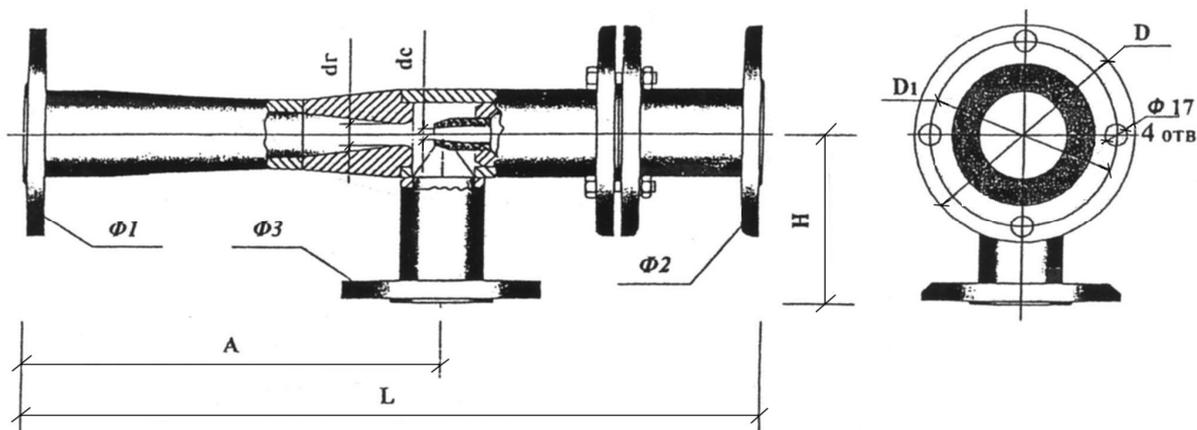


Рис. 4.11. Элеватор водоструйный (ТУ РБ 14520298.014-98)

Таблица 4.10

Технические характеристики элеватора

Наименование	Ед. изм.	Мини			Э-№1			Э-№2			Э-№3			Э-№4			
		Φ1	Φ2	Φ3													
Диаметр номинальный, D_N	мм	32			50			50			80	50	80	80	50	80	
Давление номинальное, P_N	МПа	1,6															
Температура рабочей среды	°С	150															
Условная пропускная способность, K_{vy}	м ³ /ч	0,1-0,6			0,6-1,0			1,0-2,0			1,2-3,0			3,0-5,0			
Диаметр сопла, d_c	мм	2,5			3,0			4,0			6,0			7,0			
Диаметр горловины, d_r	мм	10			15			20			26			32			
Габаритные и присоединительные размеры	L	мм	380			440			440			735			735		
	A	мм	194			200			200			245			245		
	H	мм	90			110			110			245			245		
	D	мм	135			160			160			19	16	19	19	16	19
	D ₁	мм	100			125			125			16	12	16	16	12	16
Масса	кг	5,1			8,2			8,2			9,9			9,9			
Материалы основных деталей																	
Корпусные детали	Ст. 3																
Сопло	Чугун СЧ-20																

4.7.2. Воздухосборники

При верхней разводке трубопроводов систем водяного отопления следует проектировать, как правило, проточные воздухосборники. Непроточные воздухосборники допускается проектировать при скоростях движения воды в трубопроводах менее 0,1 м/с.

Диаметр проточного воздухосборника (рис.4.12) принимают с учетом диаметра подводящих труб по табл.4.11. При этом скорость движения воды в нем W , м/с, не должна превышать 0,05 м/с. Фактическую скорость движения воды в воздухосборнике можно определить по выражению

$$W = \frac{4 \cdot G}{\rho \cdot D_g^2 \cdot r}, \quad (4.54)$$

где G – расход теплоносителя в месте установки воздухосборника, кг/с;

D_g – внутренний диаметр воздухосборника, м;

r – то же, что в формуле (4.23).

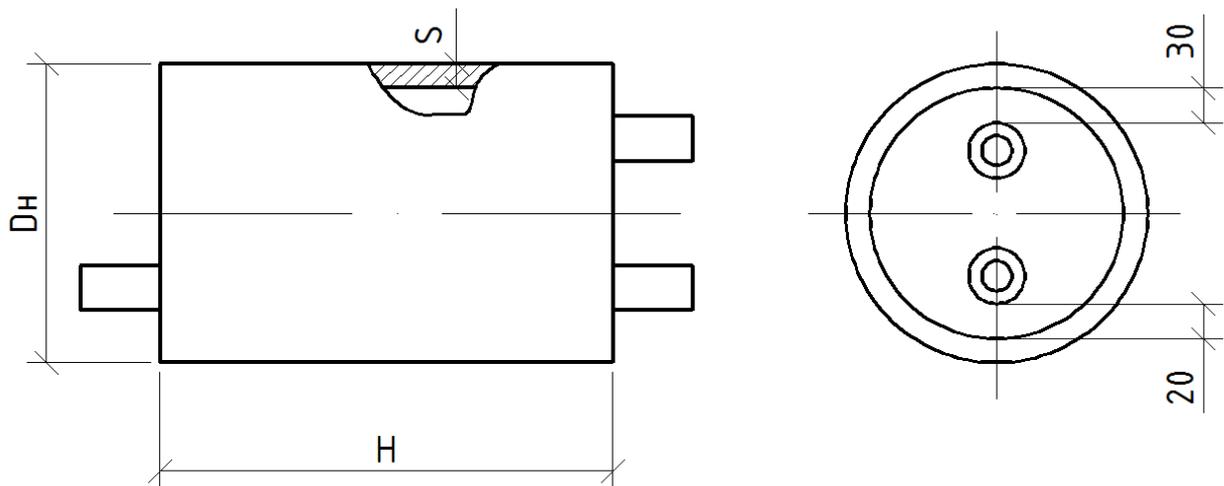


Рис. 4.12. Схема горизонтального проточного воздухосборника

Таблица 4.11

Основные размеры горизонтальных проточных воздухоборников

D _y корпуса, мм	D _н , мм	H, мм	S, мм	D _y труб, мм		Масса, кг
				подводящих	воздухоотво- дящих	
150	159	355	4,5	по проекту	15	7,9
200	219	476	6	по проекту	15	19,9
250	273	690	7	по проекту	15	40,9

Объем проточного центрального воздухоборника рекомендуется принимать равным 0,01 объема воды в системе отопления. Объем воды в элементах системы водяного отопления на каждые 1000 Вт тепловой нагрузки можно принимать по табл.10.3 [8].

4.7.3. Грязевики и фильтры

Грязевики подбирают по скорости воды в его поперечном сечении с учетом диаметра подводящих магистралей. Скорость воды в поперечном сечении грязевика не должна превышать 0,05 м/с. Фактическую скорость движения воды в грязевике можно определить по выражению (4.54). Размеры грязевиков (рис.4.13) принимают по таблице 4.12.

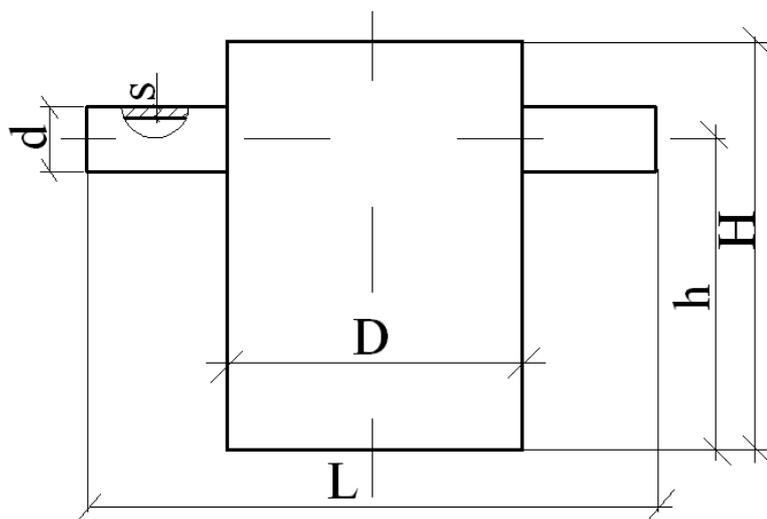


Рис.4.13. Схема грязевика

Таблица 4.12

Основные размеры грязевиков, мм

D _y	D	H	L	d	S	h
40	108	270	308	48	3,5	180
50	159	310	359	60	3,5	210
80	219	410	419	88,5	4	280
100	273	490	473	114	4	350
125	273	580	473	133	4	420

4.7.4. Расширительный сосуд

Рекомендации по определению объема открытого расширительного сосуда изложены на стр.87-88 [8], а закрытого на стр. 252 [14].

4.7.5. Термометры и манометры

Измерение температур осуществляется обычно жидкостными термометрами, устанавливаемыми на трубопроводах в контролируемых точках систем. Основные параметры технических стеклянных термометров приведены в табл.4.13.

Таблица 4.13

Основные параметры технических стеклянных термометров

Тип термометра	Пределы измерения, °С		D _y , мм
	от	до	
Прямой	0	100	50
	0	100	100
	0	100	160
Прямой	0	150	50
	0	150	100
	0	150	160
Прямой	0	200	50
	0	200	100
	0	200	160

Для измерения давления в системах отопления наибольшее применение

имеют показывающие манометры, основные параметры показывающих манометров приведены в табл. 4.14.

Таблица 4.14

Характеристика показывающих манометров

Тип	Характеристика	Верхний предел измерения
1	2	3
МП-100	Для жидких и газообразных сред	0,6
То же	То же	1
То же	То же	1,6
То же	То же	2,5

Перед манометром обязательна установка трехходового крана. Манометры должны быть установлены на одном уровне, чтобы для сравнения показаний не нужно было вносить поправку на разности высот. Показания манометров должны быть четко видны.

4.7.6. Теплосчетчики

Расход теплоты на отопление здания в целом может быть определен при помощи счетчиков расхода теплоты (теплосчетчиков), устанавливаемых в узле управления системой. Известны различные типы теплосчетчиков, например, ТЭРМ-02 выпускаемый СП «Термо-К» 000.

Теплосчетчик ТЭРМ-02 подбирается по расходу воды, м³/ч, по табл. 4.15

Таблица 4.15.

Данные для подбора теплосчетчиков

Диаметр условного прохода, мм	Диапазон расходов, м ³ /ч			
	1		2	
	G_{\min}	G_{\max}	G_{\min}	G_{\max}
1	2	3	4	5
15	0,15	5	—	—
25	0,16	16	0,08	8

Окончание табл. 4.15

1	2	3	4	5
50	0,5	50	0,25	25
80	1,6	160	0,8	80
100	2,5	250	1,25	125

Теплосчетчик может быть установлен по следующим схемам (рис. 4.13 и рис. 4.14)

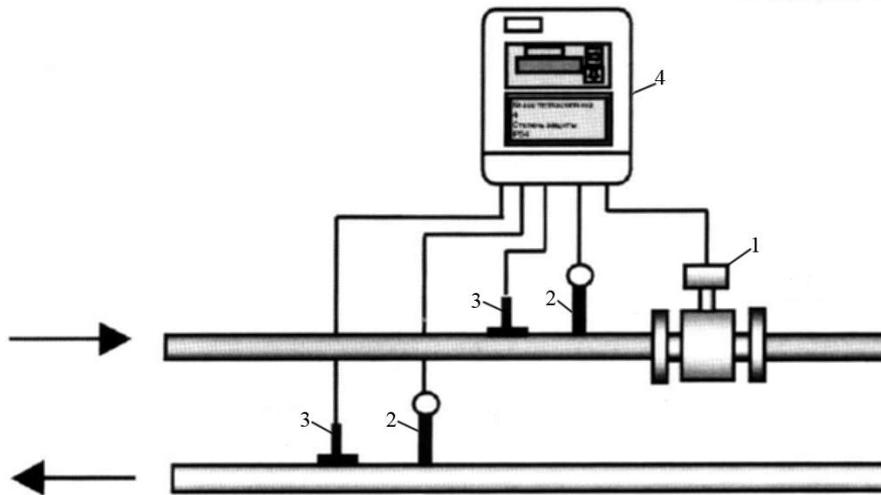


Рис. 4.13. Схема установки теплосчетчика на подающем трубопроводе:
1 – первичный преобразователь расхода; 2 – преобразователь давления;
3 – термопреобразователь сопротивления; 4 – электронный блок

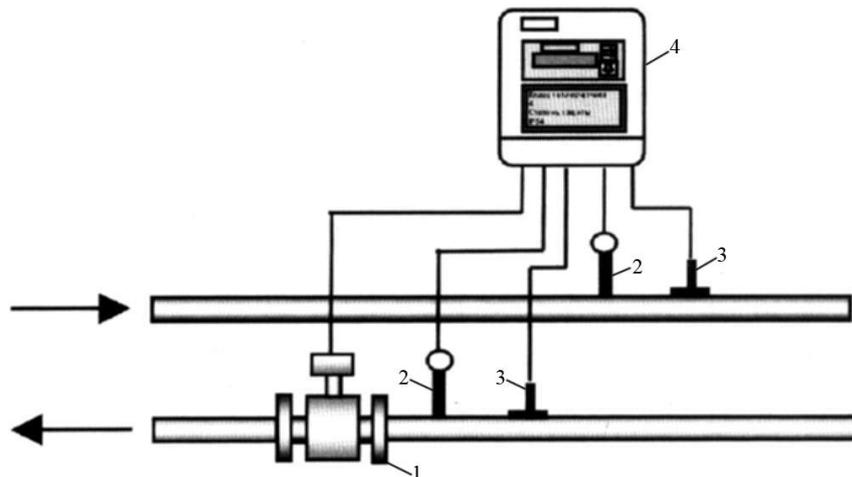


Рис. 4.14. Схема установки теплосчетчика на обратном трубопроводе
1 – первичный преобразователь расхода; 2 – преобразователь давления;
3 – термопреобразователь сопротивления; 4 – электронный блок

Габаритные и установочные размеры первичного преобразователя рас-

хода (ППР) приведены на рис. 4.15. и табл. 4.16.

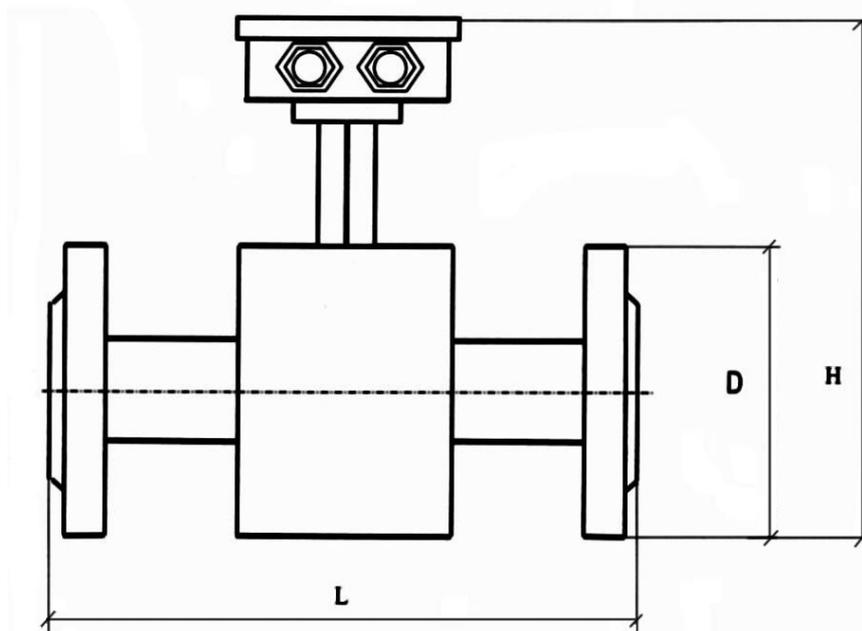


Рис. 4.15. Схема ППР

Таблица 4.16

Габаритные и установочные размеры ППР

D_y , мм	D , мм	L , мм	H , мм
15	95	150	150
25	115	200	152
50	160	200	172
80	195	250	254
100	215	300	280

В системах квартирного отопления, а так же в системах отопления встроенных помещений и зданий с малой отапливаемой площадью и максимальной температурой теплоносителя не выше 90°C может быть применен теплосчетчик «Сенсоник II», выпускаемый иностранным предприятием «Витерра Энергосервис». Данные для выбора компактной версии теплосчетчика «Сенсоник II» и потерь давления в нем приведены в табл. 4.17 и на рис. 4.16.

Таблица 4.17

Технические характеристики теплосчетчика

Тип	Номинальный расход, м ³ /ч	Минимальный расход, л/ч
Сенсоник П 0,6	0,6	6
Сенсоник П 1,5	1,5	15
Сенсоник П 2,5	2,5	25

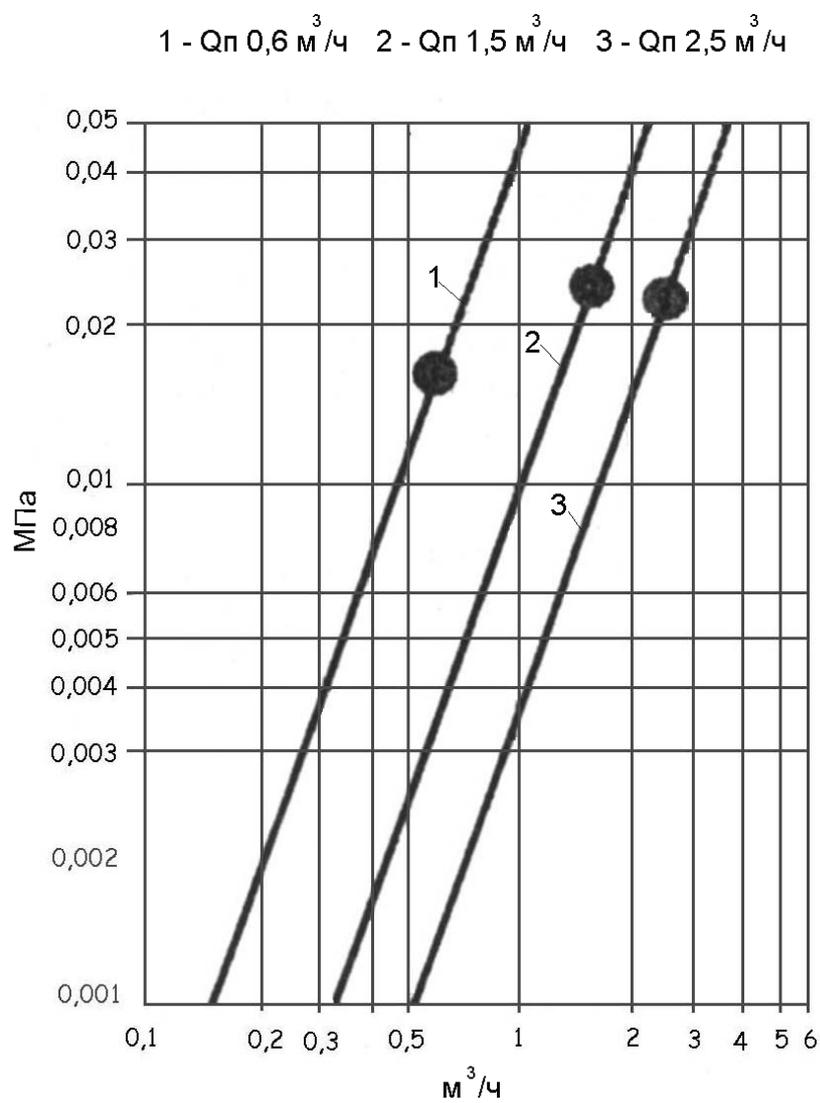


Рис. 4.16. Кривые потерь давления: 1 - для П 0,6; 2 - для П 1,5; 3 - для П 2,5

4.8. Тепловая изоляция труб

Трубопроводы систем отопления следует проектировать с тепловой изоляцией во избежание перегрева помещений, в которых они прокладываются, и при необходимости сохранения требуемых параметров теплоносителя в транзитных магистралях, а также при прокладке трубопроводов:

а) в неотапливаемых помещениях и других местах, опасных в отношении замерзания теплоносителя (в подпольных каналах у наружных дверей и др.);

б) в искусственно охлаждаемых помещениях;

в) в помещениях, где наличие трубопроводов с высокой температурой на поверхности опасно в пожарном отношении.

Существуют следующие конструкции тепловой изоляции, различающиеся по способу монтажа:

а) мастичная, наносимая на трубу вручную;

б) набивная или засыпная под каркас из сетки или в канал;

в) оберточная из лент, жгутов и матов;

г) сборная из штучных колец, скорлуп и сегментов;

д) пенополиуретановая, типа «труба в трубе», заранее наносимая в заводских условиях.

Ориентировочно толщину слоя тепловой изоляции трубопроводов систем отопления рекомендуется принимать равной:

- 30 мм – при наружном диаметре трубы до 25 мм;

- 40 мм – при наружном диаметре трубы от 25 до 50 мм;

- 50 мм – при наружном диаметре трубы от 76 мм до 108 мм.

4.9. Компенсация теплового удлинения труб

Удлинение стальной трубы при нагревании – приращение ее длины Δl , см, определяется по формуле

$$\Delta l = a \cdot (t_m - 5) \cdot l, \quad (4.55)$$

где a – коэффициент линейного расширения трубы, $1/^\circ\text{C}$;

t_m – температура теплопровода, $^\circ\text{C}$ (принимается равной расчетной)

температуре теплоносителя);

l – длина прямого участка трубы, м.

Компенсация удлинения вертикальных стояков систем отопления зданий при применении стальных труб обеспечивается путем их изгиба в местах присоединения к подающей магистрали (рис.10.13, а), [8]. В четырех-семиэтажных зданиях делают изгиб стояков, также и в местах присоединения их к обратной магистрали (рис.10.13, б, в), [8]. В зданиях, имеющих более семи этажей, для компенсации удлинения средней части стояков либо устанавливают П-образные компенсаторы, либо выполняют специальные изгибы труб с отнесом отопительных приборов от оси стояков (рис.10.13, г), [8]. В этом случае трубы стояков между компенсаторами в отдельных точках закрепляют, устанавливая неподвижные опоры для обеспечения перемещения труб в заданном направлении при изменении их температуры.

Для компенсации тепловых удлинений трубопроводов ветвей в горизонтальных системах отопления между каждыми пятью-шестью приборами вставляются П-образные компенсаторы.

Компенсация удлинения магистралей выполняется прежде всего "естественными" их изгибами, связанными с планировкой здания, и только прямые магистрали значительной длины снабжаются П-образными компенсаторами. При проектировании П-образных компенсаторов неподвижные опоры размещают таким образом, чтобы тепловое удлинение участка магистрали между опорами не превышало 50 мм.

Расчет П-образного компенсатора может быть произведен по следующей формуле

$$H = 46,1 \cdot \sqrt{\frac{\Delta l \cdot d_n}{3 \cdot K + 2}}, \quad (4.56)$$

где H – вылет компенсатора, см;

Δl – то же, что в формуле (4.55);

d_n – наружный диаметр трубы, см;

K – отношение ширины B к вылету H компенсатора ($K=B/H$), которое может быть принято равным 1,5.