



**ЭЛЕКТРОСТАЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

(филиал)

государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ
(ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Кафедра промышленного и гражданского
строительства

В.А. Козлов

Отопление жилых зданий

Учебное пособие
по курсовому проектированию
для студентов специальностей 290300 и 291500

Рекомендовано
методическим советом ЭПИ МИСиС

УДК 697.3
К59

Козлов В.А. Отопление жилых зданий: Учеб. пособие.
– Электросталь: ЭПИ МИСиС, 2005. – 55 с.

В пособии рассматриваются основы расчета систем обеспечения теплового режима жилых зданий, порядок теплотехнического расчета ограждающих конструкций исходя из санитарно-гигиенических условий и условий энергосбережения; приведены методические рекомендации по конструированию и гидравлическому расчету систем отопления, расчет поверхности нагревательных приборов и подбору элеватора.

Пособие предназначено для студентов специальностей 290300 «Промышленное и гражданское строительство» и 291500 «Экспертиза и управление недвижимостью» и может быть использовано на практических занятиях и при курсовом проектировании.

© Электростальский политехнический институт (филиал) Московского государственного института стали и сплавов (Технологического университета) (ЭПИ МИСиС), 2005

Содержание

1. Определение теплозащитных свойств ограждающих конструкций.....	4
2. Определение потерь тепла.....	10
3. Выбор системы отопления.....	17
4. Гидравлический расчет системы водяного отопления методом сложения характеристик сопротивления.....	19
5. Расчет площади отопительных приборов одноконтурных систем водяного отопления.....	38
6. Подбор нерегулируемого водоструйного элеватора.....	51
7. Литература.....	54

1. Определение теплозащитных свойств ограждающих конструкций

1.1. Расчет однородной многослойной конструкции

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 следует принимать не менее требуемого значения, $R_0^{тр}$, определяемого исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий по формуле (1) и условий энергосбережения [1, табл. 1б*].

Для обеспечения санитарно-гигиенических и комфортных условий требуемое сопротивление теплопередаче, $R_0^{тр}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт, определяется по формуле:

$$R_0^{мп} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n}{\Delta t'' \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (1.1)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$; принимаемая по нормам проектирования жилых зданий ГОСТ 30494-96;

$t_{\text{н}}$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [2];

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху – [1, таблица 3*];

$\Delta t''$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^\circ\text{C}$ – [1, таблица 2*];

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции – [1, таблица 4*].

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) следует определять по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}) \cdot z_{\text{оп}}, \quad (1.2)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая по нормам проектирования жилых зданий ГОСТ 30494-96;
 $t_{\text{оп}}$ – средняя температура отопительного периода, $^{\circ}\text{C}$ – [2];
 $z_{\text{оп}}$ – продолжительность отопительного периода, сутки – [2].

В зависимости от значения ГСОП и типа здания по таблице 16*[1] определяют приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций с учетом энергосбережения, $R_0^{\text{тр}}_{\text{эн.}}$, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$.

Для дальнейших расчетов принимают большее из полученных требуемых термических сопротивлений $R_0^{\text{тр}}$ или $R_0^{\text{тр}}_{\text{эн.}}$.

Расчетное значение сопротивления теплопередаче R_0 , $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{a_{\text{в}}} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d_{\text{ym}}}{\lambda_{\text{ym}}} + \frac{1}{a_{\text{н}}}, \quad (1.3)$$

где δ_i – толщина отдельных слоев ограждающей конструкции, м;
 λ_i – коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$,

[1, Приложение 3*];

$\delta_{\text{ут}}$ – толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_{\text{ут}}$ – коэффициент теплопроводности утепляющего слоя, Вт/(м·°C), [1, приложение 3*];

l_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C) – [1, таблица 6*].

Приравнивая правую часть уравнения (1.3) к выбранной величине $R_0^{\text{тр}}$ или $R_{0\text{эн}}^{\text{тр}}$, получим зависимость для определения толщины слоя утеплителя, $\delta_{\text{ут}}$, м.

$$d_{\text{ym}} = \left[R_{0\text{эн}}^{\text{mp}} - \left(\frac{1}{a_{\text{с}}} + \sum \frac{d_i}{l_i} + \frac{1}{a_n} \right) \right] \cdot l_{\text{ym}}, \quad (1.4)$$

Для наружных панельных стен жилых зданий приведенное термическое сопротивление теплопередаче R_0 , определенное по формуле (1.3), допускается умножать на коэффициент теплотехнической однородности γ – [1, таблица 6а*].

Вычисленные значения толщины конструктивных слоев и слоя утеплителя должны быть скорректированы в соответствии с требованиями унификации конструкций.

Толщина наружных стен из кирпича должна быть кратной его размерам (0,38; 0,51; 0,64; 0,77 и т. д.), а наружных стеновых панелей 0,05 м (0,20; 0,25; 0,30 и т.д.). Необходимо также учитывать выпускаемые промышленностью толщины плит теплоизоляционных материалов.

После выбора толщины конструктивных слоев и слоя утеплителя определяется фактическое сопротивление теплопередаче, R_0^{ϕ} , (м²·°C)/Вт, по формуле (1.3):

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{d_i}{l_i} + \frac{d_{ym}}{l_{ym}} + \frac{1}{\alpha_n},$$

и проверяется условие $R_0^{\phi} \geq R_0^{\text{тр}}_{\text{эн.}}$. (1.5)

Если условие (1.5) не выполняется, то необходимо увеличить толщину слоя утеплителя.

Пример 1.1 **Теплотехнический расчет наружной стены**

Требуется определить толщину утеплителя и сопротивление теплопередаче наружной стены жилого дома в г. Москве.

Исходные данные:

- температура наиболее холодной пятидневки– 28 °С;
- средняя температура отопительного периода– 3,1 °С;
- продолжительность отопительного периода– 214 суток;
- расчетная температура внутреннего воздуха– 20 °С;
- стена выполнена из керамического пустотного кирпича плотностью – 1400 кг/м³ на цементно-песчаном растворе толщиной 0,64 м;
- слой внутренней штукатурки из цементно-песчаного раствора толщиной 20 мм;
- утеплитель из пенополистирола плотностью 40 кг/м³ (ГОСТ 15588).

Влажностный режим в жилых помещениях нормальный, следовательно, в соответствии с таблицами 1 и 2 и приложением В [6] ограждающая конструкция будет эксплуатироваться в условиях Б.

Значения теплотехнических показателей и коэффициентов будут равны: $\Delta t'' = 4$ °С (таблица 2*); $n = 1$ (таблица 3*); $\alpha_b = 8,7$ Вт/(м²·°С) (таблица 4*); $\alpha_n = 23$ Вт/(м²·°С);

$\lambda_k = 0,58 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; $\lambda_{шт} = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; $\lambda_{yt} = 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$ [1].

Расчет выполняем в следующей последовательности:

1.1.1. Определяем требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (1.1)

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_e - t_n)}{\Delta t^n \cdot a_e} = \frac{1 \cdot (20 + 28)}{4 \cdot 8,7} = 1,38 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт};$$

1.1.2. По формуле (1.2) определяем градусо-сутки отопительного периода.

$$\text{ГСОП} = (t_e - t_{on}) \cdot Z_{on} = (20 + 3,1) \cdot 214 = 4943.$$

1.1.3. По [1] таблице 16* определяем сопротивление теплопередаче стены с учетом энергосбережения $R_{0 \text{ эн.}}^{\text{тр}} = 3,13 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$. Так как $3,13 > 1,38$, для дальнейших расчетов принимаем $R_{0 \text{ эн.}}^{\text{тр}} = 3,13 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$.

1.1.4. Определяем толщину утеплителя по формуле (1.4)

$$d_{ym} = \left[R_{0 \text{ эн.}}^{mp} - \left(\frac{1}{a_e} + \frac{d_k}{l_k} + \frac{d_{um}}{l_{um}} + \frac{1}{a_n} \right) \right] \cdot l_{ym} =$$

$$= \left[3,13 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,58} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,05 = 0,093 \text{ м}.$$

Учитывая толщину плит пенополистирола выпускаемые промышленностью, принимаем $\delta_{yt} = 0,100 \text{ м}$.

1.1.5. Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены определяем по формуле (1.3)

$$R_0 = \frac{1}{a_v} + \frac{d_k}{l_k} + \frac{d_{um}}{l_{um}} + \frac{d_{ym}}{l_{ym}} + \frac{1}{a_n} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,58} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,10}{0,05} + \frac{1}{23} = 3,27 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

Так как $R_0 > R_{0, \text{эн}}^{\text{тр}}$ ($3,27 > 3,13$), условие теплотехнического расчета выполнено.

Расчет утепляющих слоев покрытий, чердачных перекрытий и полов над подвалами и подпольями выполняется по аналогичной методике.

1.2 Расчет световых проемов и балконных дверей

Теплотехнический расчет заполнений световых проемов и балконных дверей, а также выбор их конструкций осуществляется в зависимости от района строительства и назначения помещений.

В зависимости от значения ГСОП и типа здания по таблице 1б* [1] определяют сопротивление теплопередаче световых проемов и балконных дверей с учетом энергосбережения $R_{0, \text{эн}}^{\text{тр}}$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$. Затем по приложению 6 [1] и значению $R_{0, \text{эн}}^{\text{тр}}$ выбирают конструкцию светового проема и балконной двери с сопротивлением теплопередаче R_0^ϕ . При этом необходимо выполнить условие $R_0^\phi \geq R_{0, \text{эн}}^{\text{тр}}$.

Пример 1.2

Теплотехнический расчет световых проемов и балконных дверей

Требуется выбрать конструкцию световых проемов для условий примера 1.1.

Расчет выполняется в следующей последовательности:

1.2.1. По значению ГСОП = 4943 по таблице 16* определяем $R_0^{\text{тр}} = 0,52 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$.

1.2.2. По приложению 6 [1] в зависимости от величины $R_0^{\text{тр}}$ и с учетом выполнения условия (1.5) выбираем окно из двухкамерного стеклопакета из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм) с фактическим сопротивлением теплопередаче $R_0^{\phi} = 0,54 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$.

1.3. Расчет наружной (входной) двери

Сопротивление теплопередаче входной двери следует принимать не менее $0,6 R_0^{\text{тр}}$, определенного для наружной стены по формуле (1.1).

Для условий примера (1.1) фактическое сопротивление теплопередаче наружной двери будет равно

$$R_0^{\phi} \text{ дв.} = 0,6 \cdot 1,38 = 0,83 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}.$$

2. Определение потерь тепла

Потери тепла зданием представляют собой сумму потерь тепла через отдельные ограждающие конструкции. Различают основные и добавочные потери тепла.

Основные потери тепла через ограждающие конструкции определяются по формуле

$$Q_{\text{осн.}} = A \cdot \frac{1}{R_0^{\phi}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м^2 ;
 R_0^{ϕ} – фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$;
 $t_{\text{в}}$ – расчетная температура воздуха в помещении, $^\circ\text{С}$;
 $t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, или температура воздуха более холодного помещения – при расчете потерь тепла через внутренние ограждения, $^\circ\text{С}$;
 n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, [1, таблица 3*].

Расчетная площадь ограждающих конструкций A определяется по строительным чертежам здания с учетом следующих требований:

2.1. Высота стен первого этажа определяется от уровня чистого пола до уровня чистого пола второго этажа, если пол первого этажа расположен на грунте; от нижнего уровня подготовки пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа, если пол первого этажа на лагах; от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа, если под первым этажом расположены подвал или подполье.

2.2. Высота стен промежуточного этажа определяется от уровня чистого пола данного этажа до уровня чистого пола вышележащего этажа.

2.3. Высота стен верхнего этажа определяется от уровня чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия или от уровня чистого пола до пересечения внутренней поверхности наружной стены с верхней плоскостью бесчердачного покрытия.

2.4. Длина наружных стен угловых помещений определяется от внешней поверхности наружных стен до осей внутренних стен, а неугловых – между осями внутренних стен.

2.5. Длина внутренних стен определяется от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен.

2.6. Площадь окон и дверей определяется по наименьшим размерам пролетов в свету.

2.7. Площадь потолков и полов над подвалами и подпольями определяется по размерам между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен.

2.8. Площадь полов на грунте и на лагах определяется по зонам шириной 2 м. Зоны нумеруются, начиная от наружной стены, причем к 4-й зоне относят всю оставшуюся площадь пола после 3-й зоны. Площадь участков пола в 1-й зоне, примыкающих к наружным углам, вводится в расчет дважды.

Подземная часть наружных стен и полы отапливаемого подвала также разбивают на зоны шириной 2 м, начиная от поверхности земли. Полы в этом случае рассматриваются как продолжение стен. Сопротивление теплопередаче определяется так же, как для соответствующих зон утепленных или неутепленных полов, приложение 9 [3].

Линейные размеры ограждающих конструкций определяют с точностью до 0,1 м, площади – до 0,1 м².

Расчет потерь тепла выполняют для каждого помещения отдельно. Потери тепла через внутренние ограждающие конструкции помещений допускается не учитывать, если разность температур в этих помещениях равна 3 °С и менее [3].

Добавочные потери тепла $Q_{доб.}$ через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь b , приложение 9 [3]:

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере $b = 0,1$; на юго-восток и запад в размере $b = 0,05$; на юг и юго-запад $b = 0$.

б) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза в размере:

$b = 0,2H$ – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

$b = 0,27H$ – для двойных дверей с тамбурами между ними;

$b = 0,34H$ – для двойных дверей без тамбура;

$b = 0,22H$ – для одинарных дверей.

$$Q_{доб.} = b \cdot Q_{осн.}, \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

Добавочные потери тепла на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемые подогретым приточным воздухом $Q_{инф.}$, определяют по формуле

$$Q_{\text{инф.}} = 0,28 V_{\text{п}} \cdot r \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot k, \text{ Вт}, \quad (2.3)$$

где $V_{\text{п}}$ - расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч; для жилых зданий – удельный нормативный расход 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений и кухни;

r - плотность воздуха в помещении, кг/м³;

c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C);

$t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ - то же, что в формуле (2.1);

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

При расчете тепловой мощности системы отопления необходимо учитывать регулярные бытовые поступления тепла в помещение от бытовых приборов $Q_{\text{б.пр.}}$. При этом количество тепла, поступающего от бытовых приборов в жилые комнаты и кухни, следует принимать не менее 10 Вт на квадратный метр площади пола [7].

$$Q_{\text{б.пр.}} = 10 A_{\text{п}}, \text{ Вт}, \quad (2.4)$$

где $A_{\text{п}}$ - площадь пола жилой комнаты или кухни.

Расчетные потери тепла помещений жилого здания $Q_{\text{пом.}}$ определяют по уравнению теплового баланса.

$$Q_{пом.} = Q_{осн.} + Q_{доб.} + Q_{инф.} - Q_{б.пр.}, \text{ Вт}, \quad (2.5)$$

где $Q_{осн.}$ - основные потери тепла через охлаждающие конструкции, определяемые по формуле (2.1), Вт;
 $Q_{доб.}$ - добавочные потери тепла, определяемые по формуле (2.2.), Вт;
 $Q_{инф.}$ - потери тепла на нагревание ин фильтрующего воздуха, определяемые по формуле (2.3.), Вт;
 $Q_{б.пр.}$ - поступление тепла в помещение от бытовых приборов, определяемые по формуле (2.4), Вт.

Результаты расчета потерь и поступлений тепла для каждого помещения сводятся в таблицу 1.

Таблица 1

**Ведомость расчета потерь тепла и бытовых
теплопоступлений**

Номер помещения и его назначение	Температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °C	Наименование ограждения	Ориентация ограждения	Размеры ограждения «а-в» в, м	Площадь ограждения A , м ²	Расчетная температура наружного воздуха $t_{н}$, °C	Расчетная разность температур $t_{в}-t_{н}$, °C	Коэффициент n	Коэффициент теплопередачи ограждения $k=1/R_0$, Вт/(м ² ·°C)	Основные потери тепла $Q_{осн}$, Вт	Добавочные потери тепла $Q_{доб}$, Вт		Расход тепла на нагревание infiltrирующего воздуха $Q_{инф}$, Вт	Поступление тепла от бытовых приборов $Q_{б.пр.}$, Вт	Полные потери тепла помещением $Q_{пом.}$, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

После заполнения табл. 1 необходимо найти общие потери тепла всего здания и определить его удельную тепловую характеристику по формуле

$$q_0 = \frac{Q_{зд.}}{V_n \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot a}, \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}, \quad (2.6)$$

где $Q_{зд.}$ - общие потери тепла здания, Вт;

V_n - наружный объем здания, м³;

$t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха в

основных помещениях здания, $^{\circ}\text{C}$;

t_n - температура наиболее холодной пятидневки, $^{\circ}\text{C}$;

a - коэффициент, учитывающий влияние на удельную тепловую характеристику климатических условий (таблица 2).

Таблица 2

**Значение коэффициента «а»
для жилых зданий**

Средняя температура наиболее холодной пятидневки t_n , $^{\circ}\text{C}$	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Поправочный коэффициент	1,45	1,29	1,17	1,08	1	0,95	0,9	0,86	0,83

Теплотехническую оценку здания выполняют сравнением фактической удельной тепловой характеристики с нормативной удельной тепловой характеристикой, значения которой приведены в [2, приложение 4].

3. Выбор системы отопления

При выборе системы отопления, вида теплоносителя и типа нагревательных приборов необходимо руководствоваться рекомендациями приложения Б [7].

Системы отопления следует проектировать с искусственным побуждением. Схему разводки магистралей предусматривать преимущественно тупиковой.

В зданиях до трех этажей проектируется двухтрубная система отопления, в зданиях более трех этажей, – как правило, однотрубная, из унифицированных узлов и деталей.

Магистральные трубопроводы систем водяного отопления прокладывают с верхней и нижней разводками. Для удобства монтажа и обслуживания в системах с верхней разводкой подающие магистрали прокладывают на чердаке или техническом этаже на расстоянии 1-1,5 м от наружных стен; обратные магистрали - в подвале, техническом подполье или подпольных каналах. В системах с нижней разводкой прокладку подающих и обратных магистралей предусматривают в подвале, а при его отсутствии – в техническом подполье или каналах.

В зданиях с совмещенной кровлей проектируют системы отопления с нижней разводкой.

Вертикальные однотрубные системы водяного отопления с нижней разводкой магистралей следует применять, как правило, в проточно-регулируемом варианте с обходными участками, устанавливая для регулирования теплоотдачи нагревательных приборов трехходовые краны типа КРТ.

Конструкция стояков должна обеспечивать унификацию узлов и деталей. Для индустриализации процесса изготовления и упрощения монтажных работ рекомендуется проектировать однотрубные стояки с односторонним присоединением нагревательных приборов и подводками одинаковой длины, равной 500 мм. При этом стояк однотрубной системы отопления размещают на расстоянии 150 мм от откоса оконного проема, а не по оси простенка.

В угловых помещениях стояки рекомендуется размещать в углах наружных стен во избежание конденсации влаги на внутренней поверхности.

Отопительные приборы следует размещать, как правило, под световыми проемами стен. Допускается установ-

ка отопительных приборов у наружных и внутренних стен. В угловых помещениях приборы рекомендуется размещать у обеих наружных стен.

Отопительные приборы на лестничных клетках следует, как правило, размещать на первом этаже, а на лестничных клетках, разделенных на отсеки, – в каждом из отсеков. Присоединять отопительные приборы лестничных клеток следует к отдельным проточно – нерегулируемым стоякам.

Отопление лестничных клеток не следует проектировать для зданий в районах с расчетной температурой наружного воздуха -5°C и выше.

4. Гидравлический расчет системы водяного отопления методом сложения характеристик сопротивления

Задачей гидравлического расчета системы отопления является определение диаметров трубопроводов, обеспечивающих пропуск расчетных расходов теплоносителя ко всем нагревательным приборам. Расчет системы отопления выполняется в следующем порядке:

4.1. На планах этажей и подвала (или технического подполья) разместить нагревательные приборы, стояки, подающие и обратные магистрали, тепловой пункт.

4.2. Вычертить аксонометрическую схему системы отопления, на каждом нагревательном приборе которой проставить их тепловые нагрузки.

4.3. На аксонометрической схеме выбрать главное циркуляционное кольцо. Для тупиковых систем оно проходит через наиболее нагруженный и наиболее удаленный от теплового пункта стояк. Выбранное циркуляционное кольцо разбить на расчетные участки. За расчетный участок принимается участок трубопровода с постоянным диаметром и расходом теплоносителя. Определить тепловые

нагрузки каждого стояка и расчетного участка. Порядковые номера расчетных участков поставить по ходу движения теплоносителя от теплового пункта до конечного стояка и обратно.

4.4. Определить расход теплоносителя на каждом расчетном участке по формуле

$$G_{уч.} = \frac{3,6 \cdot Q_{уч.} \cdot b_1 \cdot b_2}{c \cdot (t_z - t_o)}, \text{ кг/ч} \quad (4.1)$$

где $Q_{уч.}$ - тепловая нагрузка, Вт;

b_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока при округлении сверх расчетной величины [4, таблица 8.2] или (таблица 3);

b_2 – коэффициент учета дополнительных потерь тепла отопительными приборами у наружных ограждений [4, таблица 8.2] или (таблица 4);

c - удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг·°C);

t_z - температура воды в подающей магистрали системы отопления, °C;

t_o - температура воды в обратной магистрали системы отопления, °C.

Таблица 3

**Коэффициент учета дополнительного
теплового потока**

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, кВт	0,120	0,150	0,180	0,210	0,240	0,300
Коэффициент b_1	1,02	1,03	1,04	1,06	1,08	1,13

Таблица 4

**Коэффициент учета дополнительных потерь тепла
отопительными приборами у наружных ограждений**

Отопительный прибор	Коэффициент b_2 при установке прибора	
	у наружной стены, в том числе под световым проемом	у остекления светового проема
Радиатор: - чугунный секционный - стальной панельный	1,02 1,04	1,07 1,10
конвектор: - с кожухом - без кожуха	1,02 1,03	1,05 1,07

4.5. Определить располагаемый перепад давления в системе отопления по формуле

$$\Delta P_p = \Delta P_n + \Delta P_{e.нр.} + \Delta P_{тр}, \text{ Па}, \quad (4.2)$$

где ΔP_n - давление, создаваемое циркуляционным насосом или элеватором, Па;

$\Delta P_{e.нр.}$ - естественное циркуляционное давление,

возникающее вследствие охлаждения воды в нагревательных приборах циркуляционного кольца, Па;
 $\Delta P_{e.пр.}$ - естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в трубах циркуляционного кольца, Па. В насосных системах с нижней разводкой магистралей величиной $\Delta P_{e.пр.}$ можно пренебречь.

Насосное циркуляционное давление (давление, создаваемое элеватором) ΔP_n определяется заданием на курсовое проектирование. Естественное циркуляционное давление от остывания воды в нагревательных приборах $\Delta P_{e.пр.}$ определяется по формуле

$$\Delta P_{e.пр.} = \frac{b \cdot g}{Q_{ст}} \cdot (t_z - t_o) \cdot \sum_i^n (Q_{np.i} \cdot h_i), \text{ Па}, \quad (4.3)$$

где b - среднее приращение плотности воды при понижении ее температуры на 1 °С, кг/(м³·°С), таблица 5;

g - ускорение силы тяжести;

$Q_{ст}$ - тепловая нагрузка стояка, Вт;

t_z и t_o - то же, что в формуле (4.1);

$Q_{np.i}$ - тепловая нагрузка i -го нагревательного прибора расчетного стояка, Вт;

h_i - вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения i -го прибора (центр прибора) и нагревания (середина высоты котла или точка смешения воды в тепловом пункте), м.

Таблица 5

**Среднее приращение плотности воды в зависимости от
расчетной разности температур воды в системе
отопления**

$t_z - t_o, ^\circ\text{C}$	$b, \text{кг/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$	$t_z - t_o, ^\circ\text{C}$	$b, \text{кг/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
85-65	0,60	115-70	0,68
95-70	0,64	130-70	0,72
105-70	0,66	150-70	0,76

4.6. Определить величину средней удельной потери давления в подающей и обратной магистралях по формуле

$$R_{cp} = \frac{\epsilon \cdot \Delta P_{mag}}{\sum l}, \quad \text{Па/м.}, \quad (4.4)$$

где ϵ - поправочный коэффициент, учитывающий долю потерь давления на трение, для систем с насосной циркуляцией $\epsilon = 0,65$;

ΔP_{mag} - предполагаемое сопротивление магистралей, Па;

$\sum l$ - общая длина магистралей главного циркуляционного кольца, м.

4.7. Определить среднюю удельную характеристику сопротивления магистралей по участкам по формуле

$$S_{уч} = \frac{R_{cp}}{G_{уч}^2}, \quad \text{Па/(кг/ч)}^2 \cdot \text{м}, \quad (4.5)$$

где R_{cp} - определяется по формуле (4.4);

$G_{уч}$ - определяется по формуле (4.1).

4.8. Ориентируясь на величины средних удельных характеристик сопротивления магистралей, по табл. 6 принимаем ближайшие большие диаметры отдельных участков.

Таблица 6

Динамические характеристики труб систем водяного отопления

Диаметр условного прохода, мм	Удельное динамическое давление $A \cdot 10^4$, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$	Приведенный коэффициент гидравлического трения (среднее значение), l/d , м^{-1}	Удельная характеристика сопротивления $S \cdot 10^4$, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2 \cdot \text{м}$
ГОСТ 3262-75*			
10	26,50	3,60	95,40
15	10,60	2,70	28,62
20	3,19	1,80	5,74
25	1,23	1,40	1,72
32	0,39	1,0	0,39
40	0,23	0,80	0,18
50	0,082	0,55	0,045
ГОСТ 10704-76*			
65	0,0269	0,40	0,0108
80	0,0142	0,30	0,0043

4.9 Определить коэффициенты местных сопротивлений x и их суммы $\sum x$ на отдельных участках [4, приложение 5] или таблица 7. Местное сопротивление на границе двух участков относим к участку с меньшим расходом воды.

Таблица 7

**Коэффициенты местных сопротивлений
(приближенные значения)**

Местное сопротивление	Значения при условном переходе труб, мм						
	10	15	20	25	32	40	50 и бо- лее
1	2	3	4	5	6	7	8
Радиаторы двухколонные	2	2	2	2	2	2	2
Тройники:							
- проходные	1	1	1	1	1	1	1
- поворотные на ответвление	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
- на противотоке	3	3	3	3	3	3	3
Вентили:	20	16	10	9	9	8	7
- обыкновенные	3	3	3	3	2,5	2,5	2
- прямоточные							
Краны:	5	4	2	2	2	-	-
- проходные							
- двойной регулировки с цилиндрической							
пробкой	5	4	2	2	2	-	-
Задвижки параллельные	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
Отводы на 90° и утки	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5

4.10. Определить потери давления на трение и местные сопротивления на участках по формуле

$$\Delta P_{уч.} = S_{уч.} \cdot G_{уч.}^2, \text{ Па}, \quad (4.6)$$

где $S_{уч.} = A_{уч.} \left(\frac{l}{d} \cdot l_{уч.} + \sum x_{уч.} \right)$ – характеристика сопротивления участка трубопровода, Па/(кг/ч)²;
 А – удельное динамическое давление, Па/(кг/ч)²,
 таблица 6;

$\frac{l}{d}$ - приведенный коэффициент гидравлического

трения, м^{-1} , таблица 6;

$\ell_{\text{уч}}$ - длина участка, м;

$\sum x_{\text{уч}}$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

$G_{\text{уч}}$ - расход теплоносителя на участке, кг/ч , формула (4.1).

4.11. По таблице 8 определить характеристики сопротивления отдельных узлов $S_{\text{уз}}$ и расчетного стояка в целом $S_{\text{ст}}$. Предварительный диаметр стояка выбирают в соответствии с таблицей 9.

Таблица 8

**Характеристики сопротивления узлов стояков
однотрубной системы отопления**

Номер узла	Наименование узла	Диаметр трубы, мм	Значения $S_{\text{уз}} \cdot 10^4$ $\text{Па}/(\text{кг/ч})^2$
1	2	3	4
1	Присоединение к подающей магистрали	15	266/133
		20	57/30
		25	20/11
2	Присоединение к обратной магистрали	15	229/96
		20	46/19
		25	16/6,7
3	Этажестояк с односторонним присоединением прибора	15	113
		20	23
		25	8

Окончание таблицы 8

4	Этажестояк с двухсторонним присоединением приборов	15	97
		20	21
		25/20	12
		25	7
5	Подводки в верхнем этаже П-образного стояка	15	56
		20	12
		25	4
6	Прямая труба длиной 1 м	15	28,6
		20	5,74
		25	1,72
7	Радиаторный узел с подводкой	15	87/119
		20	22/31

Примечание: 1. Для узлов 1 и 2 $S_{уз}$ дано в числителе при прямом вентиле, в знаменателе при проходном кране.

2. Характеристики сопротивления радиаторных узлов 7 в числителе даны без уток, в знаменателе с утками.

Таблица 9

Допустимые скорости и расходы теплоносителя

Диаметр условного прохода, мм	Максимально допустимая скорость, м/с	Максимально допустимый расход теплоносителя, кг/ч
1	2	3
15	0,5	350
20	0,65	810
25	0,8	1600

Окончание таблицы 9

32	1,0	3500
40	1,5	6970
50	1,5	11 700
65	1,5	20 100
80	1,5	27 600
100	1,5	41 400

Для преодоления сопротивлений, не учтенных гидравлическим расчетом, следует предусматривать запас в размере до 10 % от располагаемого перепада давления в системе.

В целях повышения гидравлической устойчивости и устранения горизонтальной разрегулировки системы потери давления в стояках должны составлять не менее 70 % от общих потерь давления в циркуляционном кольце.

После определения гидравлического сопротивления главного циркуляционного кольца выполняют аналогичный расчет для малого кольца, проходящего через ближний к тепловому пункту стояк. Расхождение (невязка) в гидравлических сопротивлениях главного и малого циркуляционного кольца не должна превышать 15 %.

В случае, если невязка превышает 15 %, на стояке малого кольца необходимо установить дополнительное гидравлическое сопротивление в виде дроссельной шайбы, диаметр которой определяется по формуле

$$d_{ш} = 3,5 \sqrt{\frac{G_{см}}{\Delta P_{ш}}}, \text{ мм}, \quad (4.7)$$

где $G_{см}$ - расход теплоносителя в стояке малого коль-

ца, кг/ч, определяется по формуле (4.1);

$\Delta P_{ш}$ - необходимая потеря давления в шайбе, Па;

Минимальный диаметр дроссельной шайбы 5 мм. Шайба устанавливается у крана в месте подсоединения стояка к подающей магистрали.

Пример 4.1

Выполнить расчет системы отопления пятиэтажного жилого дома

Исходные данные:

1. Система тупиковая с нижней разводкой, однотрубная, проточно-регулируемая с чугунными радиаторами МС-140-108. Подводки приборов без уток.

2. Система подключена к тепловой сети с подмешиванием через элеватор. Давление, создаваемое элеватором, равно 12 500 Па.

3. Температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети $T_r = 150$ °С, в обратной магистрали $T_o = 70$ °С.

5. Температура воды в подающей магистрали системы отопления $t_p = 105$ °С, в обратной магистрали $t_o = 70$ °С.

Порядок расчета

4.1.1. На аксонометрической схеме системы отопления (рис. 4.1) выбираем главное циркуляционное кольцо. Это кольцо проходит через стояк №1. Разбиваем главное циркуляционное кольцо на девять расчетных участков, проставляем их длины и тепловые нагрузки.

4.1.2. Вычисляем расход теплоносителя на каждом расчетном участке по формуле (4.1)

$$G_1 = G_9 = \frac{3,6 \cdot 72540 \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4.187 \cdot 35} = 1890 \text{ кДж/ч};$$

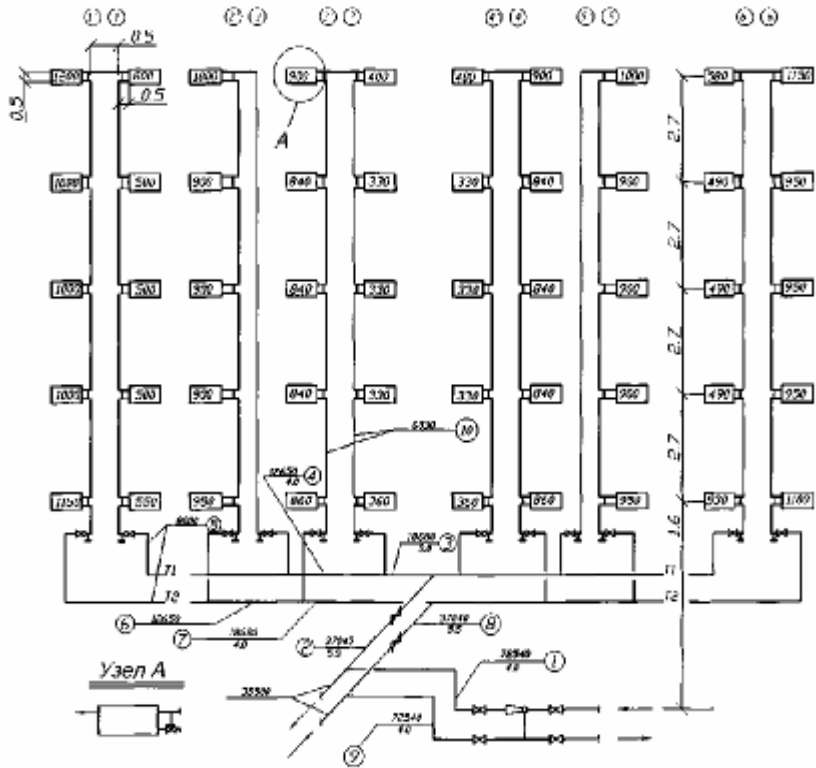


Рис. 4.1. Расчетная схема системы отопления.

$$G_2 = G_8 = \frac{3,6 \cdot 37040 \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 35} = 965 \text{ кДж/ч};$$

$$G_3 = G_7 = \frac{3,6 \cdot 18680 \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 35} = 487 \text{ кг/ч};$$

$$G_4 = G_6 = \frac{3,6 \cdot 12650 \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 35} = 330 \text{ кг/ч};$$

$$G_5 = \frac{3,6 \cdot 8000 \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 35} = 209 \text{ кг/ч}.$$

4.1.3. Определяем располагаемый перепад давления в системе отопления по формуле (4.2)

$$\Delta P_p = 12500 + \frac{0,66 \cdot 9,81}{8000} \cdot \left(\begin{matrix} 1700 \cdot 1,6 + 1500 \cdot 4,3 + 1500 \cdot 7,0 + \\ + 1500 \cdot 9,7 + 1800 \cdot 12,4 \end{matrix} \right) \cdot 35 = 14102 \text{ Па}$$

Оставляя 10 % запаса на неучтенные потери давления, рассчитываем систему отопления на давление, равное

$$\Delta P_{\text{сист}} = 0,9 \cdot 14102 = 12692 \text{ Па}.$$

Для обеспечения гидравлической устойчивости системы сопротивления стояков должно составлять не менее 70 % от сопротивления системы, т.е.

$$\Delta P_{\text{ст}} = 0,7 \cdot 12692 = 8884 \text{ Па}, \text{ тогда}$$

$$\Delta P_{\text{маг.}} = 12692 - 8884 = 3808 \text{ Па}.$$

4.1.4. Определяем величину средней удельной потери давления в подающей и обратной магистрали (кроме участка 5) по формуле (4.4)

$$R_{cp} = \frac{0,65 \cdot 3808}{33} = 75,0 \text{ Па} / \text{м}.$$

4.1.5. Определяем среднюю удельную характеристику сопротивления магистралей по участкам по формуле (4.5)

$$S_{уч1} = S_{уч9} = \frac{75,0}{1890^2} = 0,210 \cdot 10^{-4} \text{ Па} / (\text{кг} / \text{ч})^2 \cdot \text{м};$$

$$S_{уч2} = S_{уч8} = \frac{75,0}{965^2} = 0,805 \cdot 10^{-4} \text{ Па} / (\text{кг} / \text{ч})^2 \cdot \text{м};$$

$$S_{уч3} = S_{уч7} = \frac{75,0}{487^2} = 3,16 \cdot 10^{-4} \text{ Па} / (\text{кг} / \text{ч})^2 \cdot \text{м};$$

$$S_{уч4} = S_{уч6} = \frac{75,0}{330^2} = 6,89 \cdot 10^{-4} \text{ Па} / (\text{кг} / \text{ч})^2 \cdot \text{м}.$$

4.1.6. В зависимости от $S_{уч}$ по таблице 6 принимаем ближайшие диаметры труб на участках

$d_1=d_9=40$ мм; $d_2=d_8=32$ мм; $d_3=d_7=25$ мм; $d_4=d_6=20$ мм.

4.1.7. По таблице 7 определяем коэффициенты местных сопротивлений и их суммы на расчетных участках.

Участок 1 – вентиль прямооточный $d = 40$ мм $\chi = 2,5$
2 отвода на 90° $\chi = 0,5 \cdot 2 = 1,0$ $\sum \chi_{уч.1} = 3,5$

Участок 2 - тройник поворотный на ответвление
 $\chi = 1,5$

вентиль прямооточный $d = 32$ мм $\chi = 2,5$ $\sum \chi_{уч.2} = 4,0$

Участок 3 - тройник поворотный на ответвление
 $\chi = 1,5$ $\sum \chi_{уч.3} = 1,5$

Участок 4 - тройник проходной $\chi = 1,0$ $\sum \chi_{уч.4} = 1,0$

Участок 6 - тройник проходной $\chi = 1,0$ $\sum \chi_{уч.6} = 1,0$

Участок 7 - тройник на противотоке $\chi = 3,0$

$$\sum \chi_{уч.7} = 3,0$$

Участок 8 – вентиль прямооточный $d = 32\text{мм}$ $\chi = 2,5$

тройник на противотоке $\chi = 3,0$ $\sum \chi_{уч.8} = 5,5$

Участок 9 – два отвода на 90° $\chi = 0,5 \cdot 2 = 1,0$

вентиль прямооточный $d = 40\text{мм}$ $\chi = 2,5$ $\sum \chi_{уч.9} = 3,5$

4.1.8. Определяем потери давления на трение и местные сопротивления на участках по формуле (4.6)

$$\Delta P_{уч.1} = 0,23 \cdot 10^{-4} \cdot (0,8 \cdot 4,0 + 3,5) \cdot 1890^2 = 550 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.2} = 0,39 \cdot 10^{-4} \cdot (1,0 \cdot 5,5 + 4,0) \cdot 965^2 = 345 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.3} = 1,23 \cdot 10^{-4} \cdot (1,4 \cdot 3,0 + 1,5) \cdot 487^2 = 166 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.4} = 3,19 \cdot 10^{-4} \cdot (1,8 \cdot 4,0 + 1,0) \cdot 330^2 = 285 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.6} = 3,19 \cdot 10^{-4} \cdot (1,8 \cdot 4,0 + 1,0) \cdot 330^2 = 285 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.7} = 1,23 \cdot 10^{-4} \cdot (1,4 \cdot 3,0 + 3,0) \cdot 487^2 = 210 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.8} = 0,39 \cdot 10^{-4} \cdot (1,0 \cdot 5,5 + 5,5) \cdot 926^2 = 400 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{уч.9} = 0,23 \cdot 10^{-4} \cdot (0,8 \cdot 4,0 + 3,5) \cdot 1890^2 = 550 \text{ Па};$$

Результаты расчетов вносим в таблицу 10.

Таблица 10

**Ведомость гидравлического расчета системы
отопления**

Исходные данные				Расчетные данные				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер участка	Тепловая нагрузка участка $Q_{уч}, \text{Вт}$	Расход воды на участке $G_{уч}, \text{кг/ч}$	Длина участка $l, \text{м}$	$d_{уч}, \text{мм}$	$\sum x_{уч}$	$\frac{l}{d_{уч}}$	$A \cdot 10^4 \text{ Па}/(\text{кг/ч})^2$	Потери давления на участке $\Delta P_{уч}, \text{Па}$
Главное циркуляционное кольцо								
1	72 540	1890	4,0	40	3,5	0,8	0,23	550
2	37 040	965	5,5	32	4,0	1,0	0,39	345
3	18 680	487	3,0	25	1,5	1,4	1,23	166
4	12 650	330	4,0	20	1,0	1,8	3,19	285
5	80 00	209		15	-	-	-	10400
6	12 650	330	4,0	20	1,0	1,8	3,19	285
7	18 680	487	3,0	25	3,0	1,4	1,23	210
8	37 040	965	5,5	32	5,5	1,0	0,39	400
9	72 540	1890	4,0	40	3,5	0,8	0,23	550
$\Delta P_{с.о.} = 13191$								
Малое циркуляционное кольцо через стояк 3								
10	6030	157	-	15	-	-	-	5403

4.1.9. По расходу воды в стояке 1 $G_5 = 209 \text{ кг/ч}$ принимаем диаметр $d = 15 \text{ мм}$ (таблица 9).

4.1.10. По таблице 8 определяем характеристики сопротивления узлов и стояка 1 в целом:

подсоединение к падающей магистрали- $S_{п.м.}=266 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)²;

подсоединение к обратной магистрали- $S_{ом}=96 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)²;

этажестояк с односторонним подсоединением приборов - $S_{эт.ст.}=8 \cdot 113 \cdot 10^{-4} - 904 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)²;

подводки в верхнем этаже П-образного стояка - $S_{в.эт.}=56 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)²;

прямая труба длиной 6,6м- $S_{тр}=6,6 \cdot 28,6 \cdot 10^{-4}=188,8 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)²;

радиаторный узел с подводкой d=15мм- $S_{р.уз.}=10 \cdot 87 \cdot 10^{-4}=870 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)².

Характеристика сопротивления стояка 1 в целом равна $S_{ст.1.}=(266+96+904+56+188,8+870) \cdot 10^{-4}=2380,8 \cdot 10^{-4}$ Па/(кг/ч)².

4.1.11. По формуле (4.6) определяем потери давления в стояке 1.

$$S_{уч.5}=2380,8 \cdot 10^{-4} \cdot 209^2=10400 \text{ Па.}$$

Полученные данные также вносим в таблицу 10.

4.1.12. Суммируя потери давления на отдельных участках и в стояке 1, получим гидравлическое сопротивление системы отопления

$$\Delta P_{с.о.}=13191 \text{ Па.}$$

4.1.13. Определяем запас располагаемого перепада давления в главном циркуляционном кольце по формуле

$$\Delta_{зап.}=\frac{\Delta P_p - \Delta P_{с.о.}}{\Delta P_p} \cdot 100 = \frac{14102 - 13191}{14102} \cdot 100 = 6,5\%. \quad (4.8)$$

Запас давления достаточный при норме до 10 %.

Пример 4.2

Гидравлический расчет малого циркуляционного кольца через стояк 3

Исходные данные те же, что и в примере 4.1.

Порядок расчета

4.2.1. Определяем располагаемое циркуляционное давление для стояка 3.

Оно равно сумме потерь давления в стояке 1 и на двух параллельных участках магистралей 4 и 6 до рассчитываемого стояка

$$\Delta P_{P.ст3} = \Delta P_{ст1} + \Delta P_{м.4} + \Delta P_{м.6} = 10400 + 285 + 285 = 10970 \text{ Па}.$$

4.2.2. Определяем расход воды в стояке 3 по формуле (4.1)

$$G_{10} = \frac{3,6 \cdot 6030 \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 35} = 157 \text{ кг/ч}.$$

4.2.3. По таблице 9 принимаем $d = 15$ мм.

4.2.4. По таблице 8 определяем характеристики сопротивления узлов и стояка 3 в целом:

подсоединение к подающей магистрали - $S_{п.м.} = 266 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$;

подсоединение к обратной магистрали - $S_{о.м.} = 96 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$;

этажестояк с односторонним подсоединением приборов - $S_{эт.ст.} = 8 \cdot 113 \cdot 10^{-4} = 904 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$;

подводки в верхнем этаже П-образного стояка - $S_{в.эт.} = 56 \cdot 10^{-4} \text{ Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$;

радиаторный узел с подводкой $d = 15 \text{ мм}$ - $S_{р.уз.} = 10 \cdot 87 \cdot 10^{-4} = 870 \cdot 10^{-4} \text{ Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$.

Характеристика сопротивления стояка 3 в целом равна

$$S_{ст.3} = (266 + 96 + 904 + 56 + 870) \cdot 10^{-4} = 2192 \cdot 10^{-4} \text{ Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$$

4.2.5. По формуле (4.6) определяем потери давления в стояке 3

$$\Delta P_{ст.3} = 2192 \cdot 10^{-4} \cdot 157^2 = 5403 \text{ Па}.$$

4.2.6. Проверяем увязку гидравлических сопротивлений главного и малого циркуляционного колец по формуле (4.8)

$$\Delta_{нев.} = \frac{\Delta P_{рст.3} - \Delta P_{ст.3}}{\Delta P_{рст.3}} \cdot 100 = \frac{10970 - 5403}{10970} \cdot 100 = 50,7\%.$$

Невязка гидравлических сопротивлений не соответствует нормативным требованиям (допустимо 15 %). Следовательно, на стояке 3 необходимо установить дополнительное гидравлическое сопротивление (дроссельную шайбу).

4.2.7 Определяем диаметр дроссельной шайбы по формуле (4.7)

$$d = 3,5 \cdot \sqrt{\frac{157}{\sqrt{5567}}} = 5,1 \text{ мм}.$$

По аналогичной методике выполняются гидравлические расчеты других стояков

5. Расчет площади отопительных приборов одноконтурных систем водяного отопления

Необходимая поверхность нагрева отопительных приборов в одноконтурных системах отопления определяется с учетом температуры воды на входе в каждый прибор $t_{вх.}$, количества воды, проходящей через каждый прибор $G_{пр.}$ и величины тепловой нагрузки прибора $Q_{пр.}$.

Расчет площади каждого отопительного прибора осуществляется в следующей последовательности:

5.1. Определяется средняя температура воды в приборе по формуле [5].

$$t_{ср.} = t_2 - \sum \Delta t_{м} - \frac{3,6 \cdot (\sum Q_{пр.} + 0,5 \frac{Q_n}{a}) \cdot b_1 \cdot b_2}{c \cdot G_{пр.}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5.1)$$

где t_1, b_1, b_2, c – то же, что в формуле (4.1);

$\sum \Delta t_{м}$ – суммарное понижение температуры воды на участках подающей магистрали от начала системы до рассматриваемого стояка, $^\circ\text{C}$ (таблица 11);

$\sum Q_{пр}$ – суммарная тепловая нагрузка всех приборов, расположенных по ходу движения воды до рассчитываемого, Вт;

Q_n – тепловая нагрузка рассчитываемого прибора, Вт;

a – коэффициент затекания (таблица 12);

$G_{пр}$ – расход воды, проходящей через каждый отопительный прибор, кг/ч, определяется по формуле

$$G_{пр} = a \cdot G_{см}, \text{ кг/ч}, \quad (5.2)$$

где G_{cm} - расход воды в стояке, определяется по формуле (4.1);

5.2. Определяется средняя разность температуры воды в приборе и температуры воздуха в помещении по формуле

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_v, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (5.3)$$

где t_{cp} – средняя температура воды в приборе, $^\circ\text{C}$, определяется по формуле (5.1);

t_v – расчетная температура воздуха в помещении, в котором установлен прибор, $^\circ\text{C}$.

5.3. Определяется плотность теплового потока для каждого отопительного прибора по формуле

$$q_{np.} = q_{ном.} \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p \cdot C_{np}, \text{ Вт/м}^2, \quad (5.4)$$

где $q_{ном}$ — номинальная плотность теплового потока отопительного прибора, определенная при стандартных условиях, Вт/м^2 , принимается по таблице 13 или [4, таблица 8.1];

$n, p, C_{np.}$ — коэффициенты для определения теплового потока отопительного прибора в зависимости от $G_{np.}$ и схемы подачи воды в прибор, таблица 13 или [4, таблица 8.1];

Δt_{cp} — определяется по формуле (5.3);

$G_{np.}$ — определяется по формуле (5.2).

5.4. Определяется полезная теплоотдача труб стояка и подводов к отопительным приборам, проложенным в помещении, по формуле

$$Q_{тр} = q_v \cdot l_v + q_h \cdot l_h, \text{ Вт}, \quad (5.5)$$

где q_v , q_h – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб в помещении, Вт/м; таблица 14 или [5, приложение II, таблица II.22];
 l_v , l_h – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м.

5.5. Определяется расчетная наружная площадь отопительного прибора по формуле

$$A_{пр} = \frac{Q_{пом} - 0,9Q_{тр}}{q_{пр}}, \text{ м}^2, \quad (5.6)$$

где $Q_{пом}$ – потери тепла в помещении, Вт, определяются по формуле (2.5);
 $Q_{тр}$ – определяется по формуле (5.5);
 $q_{пр}$ – определяется по формуле (5.4).

5.6. По величине $A_{пр}$ принимается ближайший большой типоразмер прибора (конвекторы и стальные панельные радиаторы).

Минимально допустимое число секций чугунного радиатора определяется по формуле

$$N = \frac{A_{пр} \cdot b_4}{a \cdot b_3}, \text{ шт}, \quad (5.7)$$

где A_{np} – определяется по формуле (5.6);
 a – площадь одной секции, м², таблица 13 или [4, таблица 8.1];
 b_4 – коэффициент, учитывающий способ установки отопительного прибора [5, таблица 12], при открытой установке
 $b_4 = 1$;
 b_3 – коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе; для радиаторов типа МС-140 принимаемый равным.

Число секций	До 15	16-20	21-25
b_3	1,0	0,98	0,96

Для радиаторов другого типа коэффициент вычисляется по формуле

$$b_3 = 0,97 + \frac{34}{N \cdot Q_{н.у.}}, \quad (5.8)$$

где N – число секций без учета коэффициентов b_3, b_4 ;
 $Q_{н.у.}$ – номинальный условный тепловой поток одной секции радиатора, Вт, таблица 13 или [5, приложение 10].

При округлении дробного числа элементов нагревательных приборов любого типа до целого допускается

уменьшать их расчетную площадь не более, чем на 5 % (но не более, чем на 0,1 м²).

Таблица 11

**Понижение температуры воды на 10 м
изолированной подающей магистрали**

D _y , мм	25-32	40	50	65-100	125-150
Δt_m	0,40	0,40	0,30	0,20	0,10

Таблица 12

**Значения коэффициента затекания
в приборных узлах**

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающим участком	<i>a</i>
С трехходовым краном КРТ	Одностороннее	_____	1,0
	Двустороннее	_____	0,5
С проходным краном	Одностороннее	Смещенным без утки	0,5
		Смещенным с уткой	0,33
	Двустороннее	Смещенным Осевым	0,20 0,17

Таблица 13

Технические данные некоторых отопительных приборов

Тип отопительного прибора	Номинальная плотность теплового потока $q_{ном}$, Вт/м ²	Номинальный тепловой поток, $Q_{н.у.}$, Вт	Площадь нагревательной поверхности a , м ²	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя $G_{пр.}$, кг/ч	n	p	$C_{пр.}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МС-140-108	758	185	0,244	Сверху вниз	18-50	0,3	0,02	1,03
	725	174	0,240		54-536	0,3	0	9
МС-140-98	595	178	0,299		537-900	0,3	0,01	1,0
	646	164	0,254					0,99
М-140-АО	700	140	0,2	Снизу вниз	18-115	0,15	0,08	1,09
М-140-А					119-900	0,15	0	2
М-90								1,0
МС-90-108	802	150	0,187	Снизу вверх	18-61	0,25	0,12	1,11
Радиаторы стальные панельные	712	504	0,71		65-900	0,25	0,04	3
типа РСВ1	618	873	1,42					0,97
однорядные								
двухрядные								
Конвекторы настенные с кожухом	357 345	400 1226	1,12 3,55	Любое	36-86 90-900	0,3 0,3	0,18 0,07	1,0 1,0
«Универсал»								
«Универсалс»								

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конвекторы «Аккорд» однорядные двухрядные	373 318	366 621	0,98 1,95	Любое	36-900	0,2	0,03	1,0
Конвекторы «Прогресс-20» однорядные двухрядные	330 287	290 505	0,88 1,76	Любое	36-900	0,14	0,07	1,0
Прибор отопительный «Коралл» однорядный двухрядный	511 470	336 821	0,65 7 1,74 5		96-900	0,3	0,04	1,0

Таблица 14

Теплоотдача открыто приложенных трубопроводов систем водяного отопления (вертикальных — верхняя, горизонтальных — нижняя строка)

Δt_{cp} , °C	Условный диаметр, мм	Теплоотдача 1м трубы Вт/м, при Δt_{cp} , через 1 °C.									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	15	$\frac{38}{50}$	$\frac{38}{51}$	$\frac{39}{52}$	$\frac{41}{53}$	$\frac{41}{56}$	$\frac{43}{57}$	$\frac{44}{58}$	$\frac{44}{59}$	$\frac{45}{60}$	$\frac{46}{61}$
	20	$\frac{47}{60}$	$\frac{49}{61}$	$\frac{50}{64}$	$\frac{51}{65}$	$\frac{52}{66}$	$\frac{53}{68}$	$\frac{54}{70}$	$\frac{56}{71}$	$\frac{57}{73}$	$\frac{58}{74}$
	25	$\frac{59}{73}$	$\frac{60}{74}$	$\frac{62}{76}$	$\frac{64}{79}$	$\frac{65}{80}$	$\frac{67}{82}$	$\frac{68}{85}$	$\frac{70}{86}$	$\frac{72}{88}$	$\frac{73}{91}$

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	15	$\frac{47}{63}$	$\frac{49}{65}$	$\frac{50}{66}$	$\frac{51}{67}$	$\frac{52}{69}$	$\frac{53}{70}$	$\frac{55}{71}$	$\frac{55}{73}$	$\frac{56}{74}$	$\frac{57}{75}$
	20	$\frac{59}{77}$	$\frac{61}{79}$	$\frac{63}{80}$	$\frac{64}{81}$	$\frac{65}{83}$	$\frac{66}{85}$	$\frac{67}{86}$	$\frac{68}{88}$	$\frac{70}{89}$	$\frac{72}{92}$
	25	$\frac{74}{92}$	$\frac{76}{94}$	$\frac{78}{96}$	$\frac{79}{98}$	$\frac{81}{100}$	$\frac{83}{102}$	$\frac{85}{104}$	$\frac{86}{106}$	$\frac{88}{108}$	$\frac{89}{110}$
70	15	$\frac{59}{77}$	$\frac{60}{79}$	$\frac{61}{80}$	$\frac{63}{81}$	$\frac{64}{82}$	$\frac{65}{84}$	$\frac{66}{86}$	$\frac{67}{87}$	$\frac{68}{89}$	$\frac{70}{91}$
	20	$\frac{74}{93}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{77}{96}$	$\frac{78}{97}$	$\frac{80}{100}$	$\frac{81}{102}$	$\frac{83}{103}$	$\frac{84}{105}$	$\frac{86}{107}$	$\frac{87}{108}$
	25	$\frac{93}{113}$	$\frac{94}{114}$	$\frac{96}{116}$	$\frac{97}{118}$	$\frac{100}{121}$	$\frac{101}{123}$	$\frac{103}{125}$	$\frac{107}{128}$	$\frac{107}{128}$	$\frac{109}{131}$
80	15	$\frac{71}{92}$	$\frac{72}{93}$	$\frac{73}{94}$	$\frac{74}{96}$	$\frac{75}{98}$	$\frac{77}{100}$	$\frac{78}{101}$	$\frac{79}{101}$	$\frac{81}{102}$	$\frac{81}{105}$
	20	$\frac{88}{109}$	$\frac{89}{111}$	$\frac{92}{114}$	$\frac{93}{115}$	$\frac{94}{117}$	$\frac{96}{120}$	$\frac{98}{121}$	$\frac{99}{123}$	$\frac{101}{125}$	$\frac{102}{127}$
	25	$\frac{110}{134}$	$\frac{113}{136}$	$\frac{114}{138}$	$\frac{116}{141}$	$\frac{119}{143}$	$\frac{120}{145}$	$\frac{122}{146}$	$\frac{124}{149}$	$\frac{125}{151}$	$\frac{128}{153}$
90	15	$\frac{82}{107}$	$\frac{84}{108}$	$\frac{86}{110}$	$\frac{87}{112}$	$\frac{88}{114}$	$\frac{89}{115}$	$\frac{91}{117}$	$\frac{92}{119}$	$\frac{93}{120}$	$\frac{94}{122}$
	20	$\frac{103}{128}$	$\frac{106}{131}$	$\frac{107}{132}$	$\frac{108}{135}$	$\frac{110}{137}$	$\frac{112}{138}$	$\frac{114}{141}$	$\frac{115}{143}$	$\frac{116}{144}$	$\frac{118}{146}$
	25	$\frac{130}{156}$	$\frac{131}{158}$	$\frac{134}{160}$	$\frac{136}{163}$	$\frac{137}{164}$	$\frac{138}{167}$	$\frac{139}{170}$	$\frac{142}{172}$	$\frac{146}{175}$	$\frac{148}{177}$

Пример 5.1

Определить площади и количество секций отопительных приборов стояка 1 системы отопления (рис. 4.1) для условий примера 4.1

Порядок расчета

5.1.1. Определяем среднюю температуру воды в приборах по формуле (5.1) для первого прибора

$$t_{cp.1} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (0 + 0,5 \cdot 550) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 103,0^{\circ}\text{C};$$

для второго прибора

$$t_{cp.2} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (550 + 0,5 \cdot 500) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 100,7^{\circ}\text{C};$$

для третьего прибора

$$t_{cp.3} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (1050 + 0,5 \cdot 500) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 98,5^{\circ}\text{C};$$

для четвертого прибора

$$t_{cp.4} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (1550 + 0,5 \cdot 500) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 96,3^{\circ}\text{C};$$

для пятого прибора

$$t_{cp.5} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (2050 + 0,5 \cdot 600) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 93,9^{\circ}\text{C};$$

для шестого прибора

$$t_{cp.6} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (2650 + 0,5 \cdot 1200) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 90,0^{\circ}\text{C};$$

для седьмого прибора

$$t_{cp.7} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (3850 + 0,5 \cdot 1000) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 85,2^{\circ}\text{C};$$

для восьмого прибора

$$t_{cp.8} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (4850 + 0,5 \cdot 1000) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 80,9^{\circ}\text{C};$$

для девятого прибора

$$t_{cp.9} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (5850 + 0,5 \cdot 1000) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 76,5^{\circ}\text{C};$$

для десятого прибора

$$t_{cp.10} = 105 - 0,8 - \frac{3,6 \cdot (6850 + 0,5 \cdot 1150) \cdot 1,04 \cdot 1,02}{4,187 \cdot 209} = 71,8^{\circ}\text{C}.$$

5.1.2. Определяем среднюю разность температур для каждого прибора по формуле (5.3)

$$\Delta t_{cp.1} = 103,0 - 20 = 83,0^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.2} = 100,7 - 20 = 80,7^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.3} = 98,5 - 20 = 78,5^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.4} = 96,3 - 20 = 76,3^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.5} = 93,9 - 20 = 73,9^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.6} = 90,0 - 20 = 70,0^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.7} = 85,2 - 20 = 65,2^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.8} = 80,9 - 20 = 60,9^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.9} = 76,5 - 20 = 56,5^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{cp.10} = 71,8 - 20 = 51,8^{\circ}\text{C}.$$

5.1.3. Определяем плотность теплового потока прибора по формуле (5.4)

$$q_{np.1} = 758 \cdot \left(\frac{83,0}{70} \right)^{1+0,25} \cdot \left(\frac{209}{360} \right)^{0,04} \cdot 0,97 = 890,1 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_{np.2} = 758 \cdot \left(\frac{80,7}{70} \right)^{1+0,25} \cdot \left(\frac{209}{360} \right)^{0,04} \cdot 0,97 = 859,4 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q_{np.3} = 758 \cdot \left(\frac{78,5}{70} \right)^{1+0,25} \cdot \left(\frac{209}{360} \right)^{0,04} \cdot 0,97 = 830,2 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.4} = 758 \cdot \left(\frac{76,3}{70} \right)^{1+0,25} \cdot \left(\frac{209}{360} \right)^{0,04} \cdot 0,97 = 801,2 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.5} = 758 \cdot \left(\frac{73,9}{70} \right)^{1+0,25} \cdot \left(\frac{209}{360} \right)^{0,04} \cdot 0,97 = 769,8 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.6} = 758 \cdot \left(\frac{70,0}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{209}{360} \right)^0 \cdot 1,0 = 758 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.7} = 758 \cdot \left(\frac{65,2}{70} \right)^{1+0,3} = 691,1 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.8} = 758 \cdot \left(\frac{60,9}{70} \right)^{1+0,3} = 632,5 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.9} = 758 \cdot \left(\frac{56,5}{70} \right)^{1+0,3} = 537,7 \text{ Вт/м}^2 ;$$

$$q_{np.10} = 758 \cdot \left(\frac{51,8}{70} \right)^{1+0,3} = 512,5 \text{ Вт/м}^2 .$$

5.1.4. Определяем полезную теплоотдачу труб по формуле (5.5)

$$Q_{mp.1} = 74 \cdot 2,7 + 96 \cdot 1,0 = 296 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.2} = 72 \cdot 2,7 + 93 \cdot 1,0 = 287 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.3} = 70 \cdot 2,7 + 91 \cdot 1,0 = 280 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.4} = 66 \cdot 2,7 + 86 \cdot 1,0 = 264 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.5} = 64 \cdot 0,5 + 82 \cdot 1,25 = 135 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.6} = 59 \cdot 0,5 + 77 \cdot 1,25 = 126 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.7} = 53 \cdot 2,7 + 70 \cdot 1,0 = 213 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.8} = 49 \cdot 2,7 + 65 \cdot 1,0 = 197 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.9} = 44 \cdot 2,7 + 59 \cdot 1,0 = 178 \text{ Вт};$$

$$Q_{mp.10} = 39 \cdot 2,7 + 52 \cdot 1,0 = 157 \text{ Вт}.$$

5.1.5. Определяем расчетную наружную площадь каждого отопительного прибора по формуле (5.6):

$$A_{np.1} = \frac{550 - 0,9 \cdot 296}{890,1} = 0,32 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.2} = \frac{500 - 0,9 \cdot 287}{859,4} = 0,28 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.3} = \frac{500 - 0,9 \cdot 280}{830,2} = 0,30 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.4} = \frac{500 - 0,9 \cdot 264}{801,2} = 0,33 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.5} = \frac{600 - 0,9 \cdot 135}{769,8} = 0,62 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.6} = \frac{1200 - 0,9 \cdot 126}{758} = 1,43 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.7} = \frac{1000 - 0,9 \cdot 213}{691,1} = 1,17 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.8} = \frac{1000 - 0,9 \cdot 197}{632,5} = 1,30 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.9} = \frac{1000 - 0,9 \cdot 178}{537,7} = 1,56 \text{ м}^2;$$

$$A_{np.10} = \frac{1150 - 0,9 \cdot 157}{512,5} = 1,97 \text{ м}^2.$$

5.1.6. Определяем число секций чугунных радиаторов МС-140-108 установленных открыто (т.е. $b_4 = 1$) по формуле (5.7) без учета коэффициента b_3 :

$$N_{np.1} = \frac{0,32 \cdot 1}{0,244} = 1,3 \text{ т.е. 2 шт.};$$

$$N_{np.2} = \frac{0,28 \cdot 1}{0,244} = 1,2 \text{ т.е. 2 шт.};$$

$$N_{np.3} = \frac{0,30 \cdot 1}{0,244} = 1,2 \text{ т.е. 2 шт.};$$

$$N_{np.4} = \frac{0,33 \cdot 1}{0,244} = 1,4 \text{ т.е. 2 шт.};$$

$$N_{np.5} = \frac{0,62 \cdot 1}{0,244} = 2,5 \text{ т.е. 3 шт.};$$

$$N_{np.6} = \frac{1,43 \cdot 1}{0,244} = 5,9 \text{ т.е. 6 шт.};$$

$$N_{np.7} = \frac{1,17 \cdot 1}{0,244} = 4,8 \text{ т.е. 5 шт.};$$

$$N_{np.8} = \frac{1,30 \cdot 1}{0,244} = 5,3 \text{ т.е. 6 шт.};$$

$$N_{np.9} = \frac{1,56 \cdot 1}{0,244} = 6,4 \text{ т.е. 7 шт.};$$

$$N_{np.10} = \frac{1,97 \cdot 1}{0,244} = 8,07 \text{ т.е. 8 шт.}$$

Так как число секций для всех приборов не превышает 15, то коэффициент $b_3 = 1$ и уточнения числа секций не требуется.

6. Подбор нерегулируемого водоструйного элеватора

Водоструйный элеватор (рис. 6.1) предназначен для смешивания высокотемпературной воды, поступающей из тепловой сети T_g , с охлажденной водой из системы отопления t_0 и подачи смеси воды в систему отопления с температурой t_g .

Подбор элеватора осуществляется в следующей последовательности:

6.1 Определяется коэффициент смешения по формуле

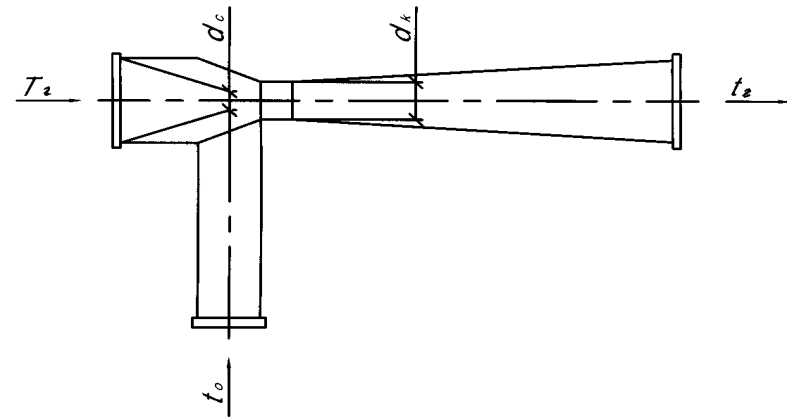


Рис 6.1. Расчетная схема водоструйного элеватора.

$$U = \frac{T_g - t_g}{t_g - t_0}, \quad (6.1)$$

где T_z — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, °С;
 t_z, t_o — то же, что в формуле (4.1).

6.2. Определяется диаметр камеры смешивания по формуле

$$d_k = 84,7 \cdot \sqrt{\frac{G_{c.o.}}{1000 \cdot \sqrt{\Delta P_{c.o.}}}}, \text{ мм} \quad (6.2)$$

где $G_{c.o.}$ — расход воды в системе отопления, определяется по формуле (4.1), кг/ч;
 $\Delta P_{c.o.}$ — гидравлическое сопротивление системы отопления, определяется гидравлическим расчетом, Па.

6.3. По значению d_k , пользуясь таблицей 15, подбирается номер элеватора с ближайшим большим диаметром камеры смешивания.

Таблица 15

Номер элеватора	1	2	3	4
Диаметр камеры смешивания d_k , мм	15	20	25	30

6.4 Определяется диаметр сопла элеватора по формуле

$$d_c = \frac{d_k}{1+U}, \text{ мм.} \quad (6.3)$$

Диаметр сопла следует определять до десятых долей миллиметра с округлением в меньшую сторону и принимать не менее 3 мм.

Пример 6.1

Подобрать водоструйный элеватор 40с 10бк ТУ26-07-1255-82 для условий примера 4.1

Порядок расчета

6.1.1. Определяем коэффициент смешения по формуле (6.1)

$$U = \frac{150 - 105}{105 - 70} = 1,29.$$

6.1.2. Определяем диаметр камеры смешивания по формуле (6.2)

$$d_{\kappa} = 84,7 \cdot \sqrt{\frac{1890}{1000 \cdot \sqrt{13191}}} = 10,86, \text{ мм.}$$

6.1.3. По таблице 15 выбираем элеватор №1.

6.1.4. Определяем диаметр сопла элеватора по формуле (6.3)

$$d_c = \frac{10,86}{1 + 1,29} = 4,7, \text{ мм.}$$

Литература

1. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника.- М. : Минстрой России, 1996. – 29 с.
2. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. - М. : Госстрой России, 2000. – 73 с.
3. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Минстрой России, 1996. – 65 с.
4. Тихомиров Н. В., Сергеев Э. С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. – М. : Стройиздат, 1991. – 480 с.
5. Справочник проектировщика. Ч. 1. Отопление. – М. : Стройиздат, 1990. - 343с.
6. СП 23-101-2000. Проектирование тепловой защиты зданий. – М. : Госстрой России, 2001. – 97 с.
7. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М. : Госстрой России, 2004. – 55 с.

Козлов Валерий Александрович

ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

*Учебное пособие по курсовому проектированию
для студентов специальностей 290300 и 291500*

Рецензент: канд. тех. наук Н.Н. Астахов

Редактор Г.В. Аتماшкина

Уч.-изд. л.2,2

Тираж 150 экз.

Цена «С»

Регистрационный №

Электростальский политехнический институт
(филиал) Московского государственного
института стали и сплавов (Технологического
университета) (ЭПИ МИСиС)
144000, Московская обл., г. Электросталь,
ул. Первомайская, д. 7.

