

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция»

А. Э. Захаревич
М. А. Рутковский
А. С. Шибeko

ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Учебно-методическое пособие к курсовой работе
по дисциплинам «Инженерные сети и оборудование»,
«Теплоснабжение и вентиляция»
и «Теплогасоснабжение и вентиляция»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь
по образованию в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2015

УДК 697 (075.8)

ББК 38.762я7

3-16

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Энергетика» Белорусского государственного
аграрного технического университета
(зав. кафедрой канд. тех. наук, доцент *В. А. Коротинский*),
Г. В. Ливанская

Захаревич, А. Э.

3-16 Отопление и вентиляция жилого дома : учебно-методическое пособие к курсовой работе по дисциплинам «Инженерные сети и оборудование», «Теплоснабжение и вентиляция» и «Теплогазоснабжение и вентиляция» / А. Э. Захаревич, М. А. Рутковский, А. С. Шибeko. – Минск : БНТУ, 2015. – 119 с.
ISBN 978-985-550-281-5.

Учебно-методическое пособие к курсовой работе «Отопление и вентиляция жилого дома» предназначено для выполнения студентами курсовых работ «Инженерные сети и оборудование» (специальность 1–70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»), «Теплоснабжение и вентиляция» (специальность 1–70 07 01 «Строительство тепловых и атомных электростанций») и «Теплогазоснабжение и вентиляция» (специальность 1–70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов») очной и заочной форм получения образования.

Приведены состав курсовой работы, основные теоретические положения, расчётные формулы, справочные данные и примеры расчётов.

УДК 697 (075.8)

ББК 38.762я7

ISBN 978-985-550-281-5

© Захаревич А. Э.,
Рутковский М. А., Шибeko А. С., 2015
© Белорусский национальный
технический университет, 2015

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Целью курсовой работы является практическое закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины «Инженерные сети и оборудование» («Теплоснабжение и вентиляция», «Теплогазоснабжение и вентиляция»), на примере проектирования теплозащиты наружных ограждений, системы отопления и вентиляции.

Задание выдаётся руководителем на установочной лекции (для студентов заочной формы получения образования) или на практическом занятии (для студентов очной формы получения образования) и включает в себя следующие исходные данные:

1) архитектурно-строительную часть (план первого, типового этажа, разрез здания, конструкция наружной стены), согласованную с руководителем;

2) количество этажей;

3) тип чердака;

4) тип и конструкцию системы отопления;

5) ориентацию фасада здания;

6) тип отопительных приборов (марка радиаторов);

7) параметры теплоносителя;

8) конструктивные особенности системы вентиляции;

9) сопротивления теплопередаче наружной стены (для студентов заочной формы получения образования), перекрытия над подвалом, чердачного перекрытия и заполнения световых проёмов (окон);

10) район строительства.

Работа состоит из расчётно-пояснительной записки и графической части. Расчётно-пояснительная записка включает следующие разделы:

1) выбор расчётных параметров внутреннего и наружного воздуха;

2) определение толщины теплоизоляционного слоя и расчёт действительного сопротивления теплопередаче наружной стены;

3) тепловлажностный расчёт наружной стены (с построением графиков тепловлажностного режима);

4) выбор и расчёт конструкции оконного заполнения;

5) конструирование и расчёт системы отопления;

6) конструирование и расчёт системы вентиляции;

7) заключение.

В графическую часть входят:

- 1) графики тепловлажностного режима наружной стены;
- 2) план типового этажа с нанесёнными отопительными приборами, стояками системы отопления, вентиляционными каналами и решётками;
- 3) план подвала и чердака с нанесёнными магистральными трубопроводами (со стояками);
- 4) аксонометрическая схема системы отопления;
- 5) принципиальная схема вентиляционных каналов.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

К выполнению курсовой работы следует приступать только после изучения соответствующих разделов курса «Инженерные сети и оборудование», «Теплоснабжение и вентиляция» или «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Расчётно-пояснительная записка оформляется на листах белой бумаги формата А4 с соблюдением стандартных полей: левое – 30 мм, правое – не менее 8 мм, верхнее и нижнее – не менее 20 мм. При выполнении записки на компьютере необходимо руководствоваться требованиями [16].

Записка составляется подробно, с приведением и расшифровкой всех расчётных формул и размерностей со ссылкой на литературные источники и справочные данные. При применении ЭВМ необходимо использовать шрифт Times New Roman чёрного цвета высотой (размер шрифта – кегль) 12 пт через один интервал.

Рисунки и разрезы ограждающих конструкций выполняются с помощью САПР или карандашом без масштаба с соблюдением пропорциональности непосредственно на листах расчётно-пояснительной записки с указанием необходимых данных.

Графическая часть (планы типового этажа, подвала, чердака, схемы систем) выполняется или с помощью САПР, или вручную на листах белой бумаги стандартного формата с вынесением её в приложения.

В начале расчётно-пояснительной записки на отдельной странице даётся оглавление. Затем даются общие сведения: цели и задачи выполнения курсовой работы, сведения о здании, ограждающих конструкциях и прочие исходные данные.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Сведения о проектируемом здании

В качестве примера выполнения курсовой работы рассмотрим расчёты для жилого 9-этажного дома, расположенного в г. Минске. Чертёж типового этажа приведён на рис. 1.1.

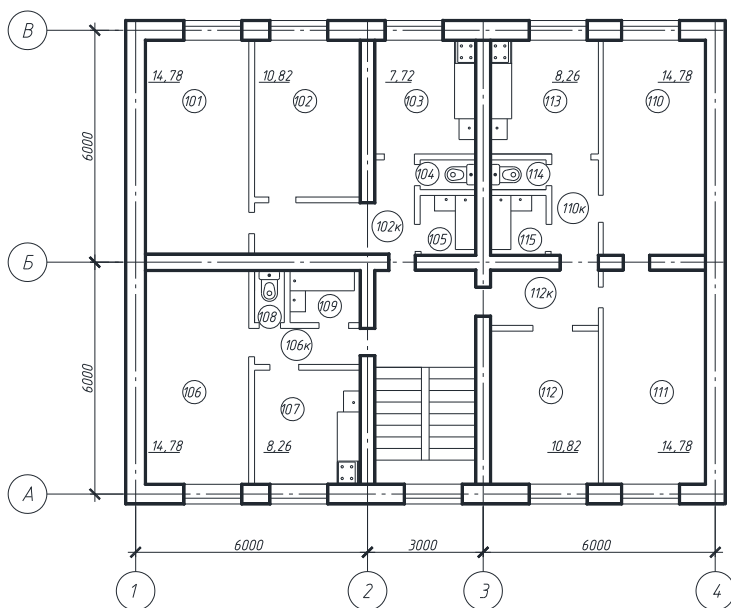


Рис. 1.1. План типового этажа

Фасад здания ориентирован на север. Чердак холодный. Сопротивление теплопередаче наружной стены для предварительных расчётов примем $R_T^{HC} = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом, чердачного перекрытия примем равными нормативным по [6]. Система отопления – центральная водяная одноконтурная с параметрами теплоносителя $t_{\text{гор}} = 80 \text{ °C}$, $t_{\text{обр}} = 60 \text{ °C}$. В качестве отопительных приборов используются радиаторы чу-

гунные секционные марки МС-140М. Система вентиляции – естественная: приток – неорганизованный через неплотности в ограждениях и открытые окна, вытяжка – организованная через каналы.

2. Выбор расчётных параметров внутреннего и наружного воздуха

Расчётные параметры внутреннего воздуха (температура и относительная влажность) принимаются согласно табл. 2 [4] и сводятся в таблицу. Пример оформления таблицы для жилого здания, расположенного в городе Минске, приведён в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расчётные параметры внутреннего воздуха

Наименование параметра	Значение	Источник
Расчётная температура внутреннего воздуха помещений здания $t_{в}, ^\circ\text{C}$	18	[4, табл. 2]
Расчётная относительная влажность внутреннего воздуха помещений $\phi_{в}, \%$	55	[4, табл. 2]
Расчётная температура воздуха в неотапливаемом подвале $t_{п}, ^\circ\text{C}$	5	[6, табл. 5.1]

Расчётные параметры наружного воздуха принимаются по табл. 3.1 [5] или приложению А данного пособия. Данные для г. Минска приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Расчётные параметры наружного воздуха

Наименование параметра	Значение	Источник
Температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,98 $t_{х,с}^{0,98}, ^\circ\text{C}$	-33	[5, табл. 3.1]
Температура наиболее холодных суток обеспеченностью 0,92 $t_{х,с}^{0,92}, ^\circ\text{C}$	-28	[5, табл. 3.1]
Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 $t_{х,5с}, ^\circ\text{C}$	-24	[5, табл. 3.1]

Наименование параметра	Значение	Источник
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам в январе $v_{ср}$, м/с	3,1	[5, табл. 3.1]
Средняя температура за отопительный период $t_{н,от}$, °C	-0,9	[5, табл. 3.1]
Средняя относительная влажность за отопительный период $\phi_{н,от}$, %	83	[5, табл. 3.1]

3. Выбор сопротивлений теплопередаче и определение толщин теплоизоляционных слоёв

В соответствии с заданием, сопротивления теплопередаче перекрытия над подвалом, чердачного перекрытия примем равными нормативным.

По табл. 5.1 [6] сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия $R_{т}^{Пт} = 6,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Согласно приложению К. 3 [6] сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом $R_{т}^{Пл}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_{т,тр}$, определяемого по выражению

$$R_{т,тр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\alpha_{в} \Delta t_{в}}, \quad (3.1)$$

где n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху; принимаем $n = 1$, поскольку в формуле (3.1) непосредственно задаём разность температур с двух сторон перекрытия;

$t_{в}$ – расчётная температура внутреннего воздуха, °C, принимаемая по табл. 2.1;

$t_{н}$ – расчётная температура наружного воздуха, °C, в данном случае принимаемая равной температуре воздуха в подвале $t_{п}$ согласно табл. 2.1;

$\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по табл. 5.4 [6];

$\Delta t_{\text{в}}$ – требуемый перепад между температурой пола помещений первого этажа и внутреннего воздуха, в соответствии с табл. 5.1 [6] $\Delta t_{\text{в}} = 0,8 \text{ } ^\circ\text{C}$.

В примерах данного пособия сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом принято равным $R_{\text{Т}}^{\text{Пл}} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

В настоящее время согласно [6] нормируется величина приведённого сопротивления теплопередаче, т. е. с учётом теплотехнической неоднородности ограждения (например, по причине наличия теплопроводных включений). В курсовой работе в качестве примера будет рассмотрен участок стены по глади.

Теплотехнический расчёт наружной стены производится в следующей последовательности: задаваясь сначала сопротивлением теплопередаче $R_{\text{Т}}^{\text{НС}}$, указанным в задании или нормативным (для студентов дневной формы получения образования), следует найти неизвестную толщину слоя утеплителя, а затем уточнить значение сопротивления теплопередаче.

Рассмотрим расчёт наружной стены. Примем следующие конструктивные слои (рис. 3.1):

1 – внутренний несущий слой из железобетона толщиной $\delta_1 = 100 \text{ мм}$;

2 – слой утеплителя из пенополистирольных плит толщиной δ_2 и плотностью $\rho_2 = 25 \text{ кг}/\text{м}^3$;

3 – наружный слой из железобетона толщиной $\delta_3 = 90 \text{ мм}$.

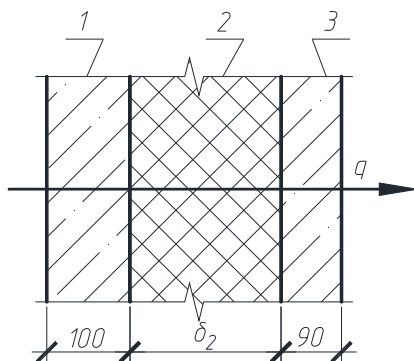


Рис. 3.1. Конструкция наружной стены

Согласно табл. 4.2 [6] при данных расчётных условиях в помещениях жилого здания ($t_{в} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi_{в} = 55 \%$) влажностный режим помещений нормальный, а условия эксплуатации наружных стен – Б.

Из приложения Б данного пособия найдём необходимые для рассматриваемого и последующего расчётов данные об используемых материалах – коэффициенты теплопроводности и паропроницаемости – и сведём их в таблицу.

Таблица 3.1

Теплотехнические характеристики материалов стены

Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	Расчётные коэффициенты	
		теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
Железобетон	2500	2,04	0,03
Пенополистирольные плиты	25	0,052	0,05

Сопротивление теплопередаче ограждения R_T , м²·°C/Вт, рассчитывается по выражению

$$R_T = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}}, \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}, \quad (3.2)$$

где $\alpha_{в}$ и $\alpha_{н}$ – коэффициенты теплоотдачи, Вт/(м²·°C), соответственно внутренней и наружной поверхности, принимаемые по табл. 5.4 и 5.7 [6] в зависимости от типа ограждения;

δ_i – толщина i -го слоя, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -го слоя, Вт/(м·°C);

m – число слоёв в ограждении.

Отсюда искомая толщина δ_2 будет равна для рассчитываемой конструкции наружной стены:

$$\delta_2 = \lambda_2 \left(R_T - \frac{1}{\alpha_{в}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_{н}} \right).$$

В соответствии с табл. 5.4 и 5.7 [6] для наружной стены имеем $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ и $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Тогда для данной стены получим

$$\delta_2 = 0,052 \left(3,2 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,1}{2,04} - \frac{0,09}{2,04} - \frac{1}{23} \right) = 0,153 \text{ м.}$$

Принимаем кратное целому сантиметру значение (с округлением в большую сторону) $\delta_2 = 0,16 \text{ м}$ и рассчитываем действительное сопротивление теплопередаче стены по формуле (3.2):

$$R_{\text{т}}^{\text{НС}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,16}{0,052} + \frac{0,09}{2,04} + \frac{1}{23} = 3,33 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт.}$$

Данное значение сопротивления теплопередаче наружной стены будет использоваться в дальнейших расчётах.

4. Расчёт тепловлажностного режима наружной стены

Расчёт и построение графиков тепловлажностного режима наружной стены выполняется по методу К.Ф. Фокина [9].

Расчёт производится в следующей последовательности:

1. Построение графика падения температур в ограждении.

Температура на границе каждого слоя ограждения определяется по формуле

$$t_x = t_{\text{в}} - q_{\text{н.от}} \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^x R_i \right), \quad (4.1)$$

где $q_{\text{н.от}}$ – средний за отопительный период тепловой поток через наружную стену, рассчитываемый по выражению

$$q_{\text{н.от}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н.от}}}{R_{\text{т}}^{\text{НС}}}, \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{н.от}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^\circ\text{С}$ (см. табл. 2.2);

R_T^{HC} – действительное сопротивление теплопередаче наружной стены, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, рассчитанное в п. 3;

$\sum_{i=1}^x R_i$ – термическое сопротивление ограждения в пределах от внутренней поверхности до рассматриваемой плоскости x , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Для рассчитываемого жилого здания: $t_{н.от} = -0,9 \text{ °C}$, $\varphi_{н.от} = 83 \%$, $t_{в} = 18 \text{ °C}$, $\varphi_{в} = 55 \%$, $R_T^{HC} = 3,33 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Средний за отопительный период тепловой поток через наружную стену согласно (4.2):

$$q_{н.от} = \frac{18 - (-0,9)}{3,33} = 5,68 \text{ Вт/м}^2.$$

Обозначим температуру на внутренней поверхности стены t_1 ; на внутренней поверхности утеплителя t_2 ; на наружной поверхности утеплителя t_3 и на наружной поверхности стены t_4 .

Рассчитаем температуры в данных плоскостях по выражению (4.1):

$$t_1 = 18 - 5,68 \cdot \frac{1}{8,7} = 17,3 \text{ °C};$$

$$t_2 = 18 - 5,68 \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{2,04} \right) = 17,1 \text{ °C};$$

$$t_3 = 18 - 5,68 \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,16}{0,052} \right) = -0,4 \text{ °C};$$

$$t_4 = -0,9 + 5,68 \cdot \frac{1}{23} = -0,7 \text{ °C}.$$

Затем необходимо вычертить наружную стену в масштабе толщин. С левой стороны в масштабе $1 \text{ см} = 1 \text{ °C}$ строится шкала температур. В рассматриваемых плоскостях откладываем рассчитанные значения температур и соединяем их ломаной линией. Эта линия и будет графиком распределения температур в ограждении (рис. 4.1, линия t).

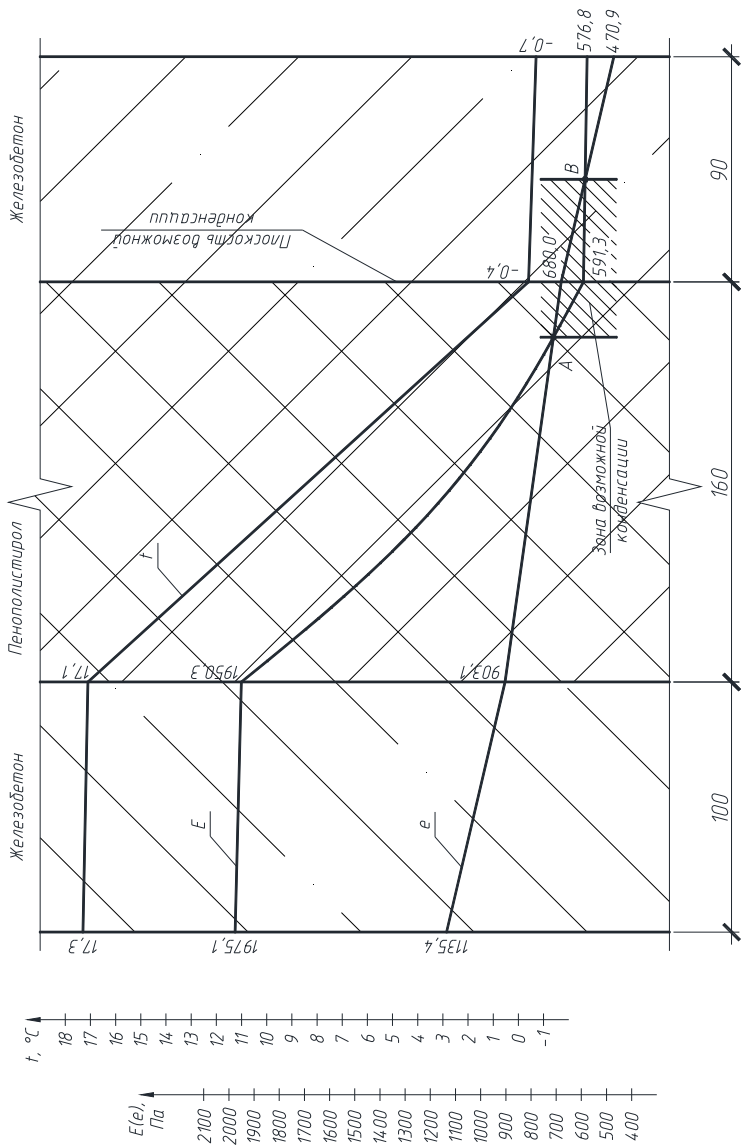


Рис. 4.1. Графики тепловлажностного режима наружной стены

2. Построение кривой распределения максимальных парциальных давлений.

По полученным в предыдущем пункте температурам находим из приложения В максимальные парциальные давления водяного пара внутреннего, наружного воздуха, в плоскостях наружной стены и сводим в таблицу. Так как зависимость между температурой и максимальным парциальным давлением нелинейная, то в толще утеплителя с целью лучшей детализации кривой необходимо выбрать дополнительные точки (в данном случае выбраны температуры 10 и 5 °С).

Затем с левой стороны от шкалы температур в масштабе 1 см = 100 Па строится шкала давлений. В рассматриваемых плоскостях откладываем полученные значения максимальных парциальных давлений и соединяем их кривой. Данная кривая является графиком распределения максимальных парциальных давлений водяного пара в наружной стене (см. рис. 4.1, линия *E*).

Таблица 4.1

Значения максимальных парциальных давлений
в плоскостях наружной стены

Температура t , °С	Максимальное парциальное давление водяного пара E , Па
18,0	2064,3
17,3	1975,1
17,1	1950,3
10,0	1228,0
5,0	872,5
-0,4	591,3
-0,7	576,8
-0,9	567,4

3. Построение графика распределения парциальных давлений водяного пара.

Парциальное давление водяного пара влажного воздуха в рассматриваемом сечении ограждения определяется по выражению

$$e_x = e_b - g_{н.от} \left(R_{п.в} + \sum_{i=1}^x R_{п.и} \right), \text{ Па}, \quad (4.3)$$

где e_b – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, рассчитываемое по формуле

$$e_b = 0,01\varphi_b E_b, \text{ Па},$$

где φ_b – расчётная относительная влажность внутреннего воздуха, % (см. табл. 2.1);

E_b – максимальное парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчётной его температуре;

$g_{н.от}$ – средний за отопительный период поток диффундирующего в ограждении водяного пара, рассчитываемый по формуле

$$g_{н.от} = \frac{e_b - e_{н.от}}{R_{п}^{общ}}, \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), \quad (4.4)$$

где $e_{н.от}$ – среднее за отопительный период парциальное давление водяного пара наружного воздуха, рассчитываемое по выражению

$$e_{н.от} = 0,01\varphi_{н.от} E_{н.от}, \text{ Па},$$

где $\varphi_{н.от}$ – расчётная относительная влажность наружного воздуха, % (см. табл. 2.2);

$E_{н.от}$ – максимальное парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, при средней температуре за отопительный период;

$R_{п}^{общ}$ – сопротивление паропропитанию ограждающей конструкции, определяемое по формуле

$$R_{п}^{общ} = R_{п.в} + \sum_{i=1}^m R_{п.и} + R_{п.н} = R_{п.в} + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{п.н}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}, \quad (4.5)$$

где δ_i – толщина i -го слоя, м;

μ_i – коэффициент паропроницаемости i -го слоя, мг/(м·ч·Па), принимаемый в соответствии с приложением Б данного пособия;

$R_{п.в}$, $R_{п.н}$ – сопротивление паропереходу соответственно у внутренней и наружной поверхности ограждения, м²·ч·Па/мг. Согласно [9] предлагается принимать значения данных величин: $R_{п.в} = 0,027$ м²·ч·Па/мг и $R_{п.н} = 0,013$ м²·ч·Па/мг. Для практических расчётов величинами $R_{п.в}$ и $R_{п.н}$ можно пренебрегать ввиду их незначительности по сравнению с величиной сопротивления паропроницанию ограждения;

$\sum_{i=1}^x R_{пi}$ – сопротивление паропроницанию слоёв ограждения в

пределах от внутренней поверхности до рассматриваемой плоскости x , м²·ч·Па/мг.

Следует учитывать, что сопротивление паропроницанию воздушных прослоек в ограждениях вне зависимости от толщины и расположения принимается равным нулю.

Рассчитанные значения e_x откладываются в соответствующих плоскостях ограждения. Соединяя линией найденные значения, получаем график распределения парциальных давлений водяного пара в ограждении.

Возможны три случая:

а) линия парциальных давлений e лежит ниже линии максимальных парциальных давлений E по всему сечению – конденсация отсутствует;

б) линия парциальных давлений e пересекается с линией максимальных парциальных давлений E в двух точках – конденсация происходит в области между точками пересечения;

в) линия парциальных давлений e пересекается с линией максимальных парциальных давлений E в одной точке и лежит ниже её – конденсация происходит в области между точкой пересечения и наружной поверхностью.

Рассмотрим расчёт применительно к рассматриваемой наружной стене.

Найдём парциальные давления водяного пара внутреннего и наружного воздуха:

$$e_B = 0,01 \cdot 55 \cdot 2064,3 = 1135,4 \text{ Па};$$

$$e_{н.от} = 0,01 \cdot 83 \cdot 567,4 = 470,9 \text{ Па.}$$

Сопротивление паропрооницанию наружной стены

$$R_{п}^{общ} = \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,16}{0,05} + \frac{0,09}{0,03} = 3,33 + 3,20 + 3,00 = 9,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Тогда средний за отопительный период поток диффундирующего через наружную стену водяного пара в соответствии с формулой (4.4):

$$g_{н.от} = \frac{1135,4 - 470,9}{9,53} = 69,7 \text{ мг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Рассчитаем парциальные давления водяного пара в плоскостях, принятых для нахождения температур, по формуле (4.3):

$$e_1 = e_B = 1135,4 \text{ Па};$$

$$e_2 = 1135,4 - 69,7 \cdot \frac{0,1}{0,03} = 903,1 \text{ Па};$$

$$e_3 = 1135,4 - 69,7 \left(\frac{0,1}{0,03} + \frac{0,16}{0,05} \right) = 680,0 \text{ Па};$$

$$e_4 = e_{н.от} = 470,9 \text{ Па.}$$

По полученным значениям строим график распределения парциальных давлений водяного пара в наружной стене (см. рис. 4.1, линия e).

4. Расчёт требуемого сопротивления паропрооницанию наружной стены.

Сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации $R_{п}^B$ должно быть не менее требуемого сопротивления паропрооницанию $R_{п}^{TP}$, определяемого по формуле

$$R_{\Pi}^{\text{TP}} = R_{\Pi}^{\text{H}} \frac{e_{\text{B}} - E_{\text{ПВК}}}{E_{\text{ПВК}} - e_{\text{H. OT}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг},$$

где R_{Π}^{H} – сумма сопротивлений паропрооницанию слоёв ограждающей конструкции в пределах от плоскости возможной конденсации до наружной поверхности рассматриваемого ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

$E_{\text{ПВК}}$ – максимальное парциальное давление водяного пара в плоскости возможной конденсации, Па, при температуре в плоскости возможной конденсации $t_{\text{ПВК}}$, °С.

Плоскость возможной конденсации многослойной конструкции совпадает с поверхностью теплоизоляционного слоя, ближайшей к наружной поверхности ограждающей конструкции.

Если сопротивление паропрооницанию в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации больше, чем требуемое сопротивление паропрооницанию, т. е. $R_{\Pi}^{\text{B}} > R_{\Pi}^{\text{TP}}$, то устройство пароизоляции не требуется, если же $R_{\Pi}^{\text{B}} < R_{\Pi}^{\text{TP}}$, то пароизоляция необходима.

В нашем случае сопротивление паропрооницанию наружной стены в пределах от плоскости возможной конденсации до наружной поверхности стены

$$R_{\Pi}^{\text{H}} = \frac{0,09}{0,03} = 3,00 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Для плоскости возможной конденсации $E_{\text{ПВК}} = 591,3$ Па. Тогда

$$R_{\Pi}^{\text{TP}} = 3,00 \frac{1135,4 - 591,3}{591,3 - 470,9} = 13,56 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Сопротивление паропрооницанию наружной стены в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации

$$R_{\Pi}^{\text{B}} = \frac{0,1}{0,03} + \frac{0,16}{0,05} = 6,53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Так как $R_{\Pi}^B > R_{\Pi}^{TP}$ (и графики максимального парциального давления E и парциального давления e пересекаются см. рис. 4.1), то требуется устройство пароизоляции.

5. Определение границ зоны возможной конденсации.

Для определения границ зоны возможной конденсации необходимо найти точки пересечения линии распределения максимальных парциальных давлений E с линией распределения парциальных давлений e (см. рис. 4.1, точки A и B). Через данные точки проводим вертикальные плоскости, которые и будут ограничивать предполагаемую зону. Конденсация водяного пара в ограждении при расчётных условиях должна проходить внутри данной зоны, но границы зоны реальной конденсации с границами зоны возможной конденсации совпадать не будут.

6. Устройство пароизоляции и построение уточнённых графиков тепловлажностного режима ограждения.

При устройстве пароизоляции изменяется распределение парциальных давлений водяного пара в ограждении. Для этого по формуле (4.5) необходимо заново рассчитать сопротивление паропропусканию ограждающей конструкции $R_{\Pi}^{общ}$, $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$, и построить уточнённый график распределения парциальных давлений. Пересчёт температур, а следовательно, и максимальных парциальных давлений водяного пара можно не проводить, так как ввиду малой толщины пароизоляция почти не влияет на сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции.

В нашем случае в качестве пароизоляции используем полиэтиленовую плёнку толщиной 0,16 мм с сопротивлением паропропусканию $R_{\Pi, из} = 7,3 m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ (приложение Ж [6]). Количество слоёв найдём по формуле

$$n = \frac{R_{\Pi}^{TP} - R_{\Pi}^B}{R_{\Pi}^{из}},$$

$$n = \frac{13,56 - 6,53}{7,3} \approx 0,96 \text{ слоя.}$$

Принимаем (с округлением в сторону увеличения) $n = 1$ слой и рассчитываем уточнённое сопротивление паропроницанию наружной стены

$$R_{\Pi}^{\text{общ}} = \frac{0,1}{0,03} + 7,30 + \frac{0,16}{0,05} + \frac{0,09}{0,03} = 3,33 + 7,30 + 3,20 + 3,00 =$$

$$= 16,83 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}.$$

Пересчитаем парциальные давления водяного пара в плоскостях наружной стены:

$$g'_{\text{н.от}} = \frac{1135,4 - 470,9}{16,83} = 39,5 \text{ мг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч});$$

$$e'_1 = e_b = 1135,4 \text{ Па};$$

$$e'_2 = 1135,4 - 39,5 \cdot \frac{0,1}{0,03} = 1003,7 \text{ Па};$$

$$e'_2 = 1135,4 - 39,5 \left(\frac{0,1}{0,03} + 1 \cdot 7,3 \right) = 715,4 \text{ Па};$$

$$e'_3 = 1135,4 - 39,5 \left(\frac{0,1}{0,03} + 1 \cdot 7,3 + \frac{0,16}{0,05} \right) = 589,0 \text{ Па};$$

$$e'_4 = e_{\text{н.от}} = 470,9 \text{ Па}.$$

Используя рассчитанные ранее значения температур и максимальных парциальных давлений водяного пара и по полученным значениям парциальных давлений водяного пара в наружной стене, строим уточнённый график распределения парциальных давлений e' (рис. 4.2).

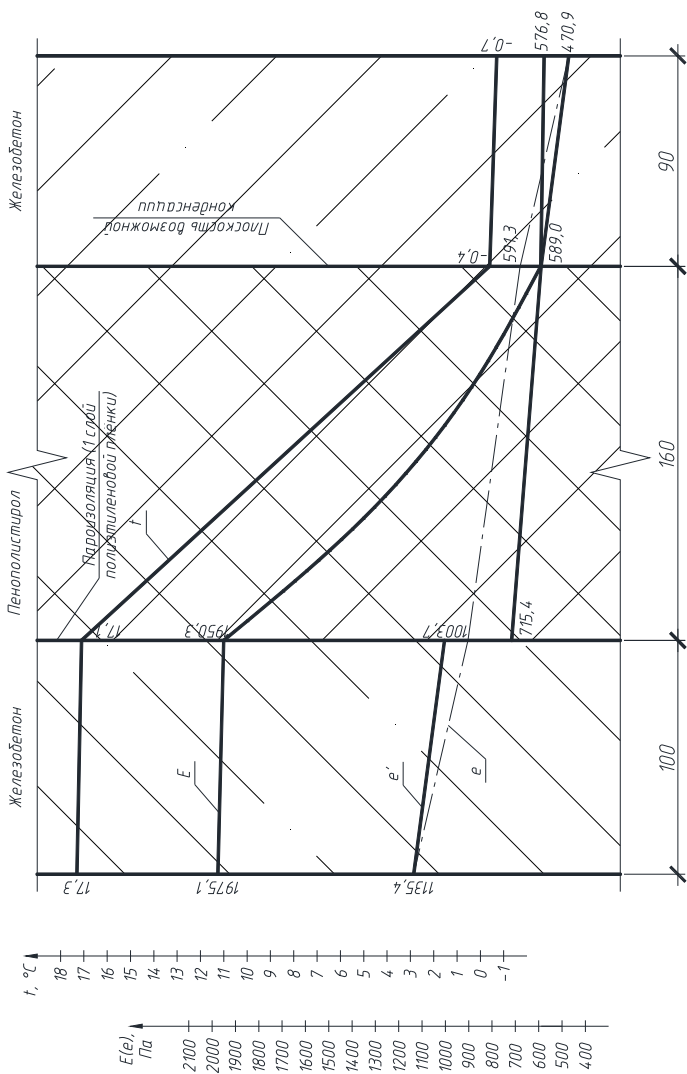


Рис. 4.2. Уточнённые графики тепловлажностного режима наружной стены

5. Теплотехнический расчёт оконного заполнения

Выпускаемые в настоящее время в Республике Беларусь окна должны соответствовать требованиям СТБ 939–2013 «Блоки оконные и дверные балконные. Общие технические условия» по теплофизическим и механическим параметрам, среди которых присутствуют сопротивление теплопередаче и сопротивление воздухопроницанию. Окна изначально комплектуются как минимум двумя рядами уплотняющих прокладок из эластомерных материалов, которые обеспечивают плотное прилегание створок к коробке. Поэтому при получении сертификата соответствия окна должны пройти обязательные испытания, в результате которых получают графические зависимости объёмного и массового расхода воздуха через 1 м^2 поверхности образца при различных перепадах давления. Основным признаком классификации является объёмное воздухопроницание через 1 м^2 поверхности образца при перепаде давления на его поверхностях $\Delta p = 100 \text{ Па}$. При этом для каждого класса устанавливаются границы по сопротивлению воздухопроницанию. Классификация окон по сопротивлению воздухопроницанию приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Классификация окон по воздухопроницанию

Класс	Контрольная воздухопроницаемость (при $\Delta p = 100 \text{ Па}$), $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$	Сопротивление воздухопроницанию R_v (при $\Delta p = 10 \text{ Па}$), $\text{м}^2\cdot\text{ч}/\text{кг}$
А	До 3	Свыше 1,279
Б	От 3 до 9	От 0,426 до 1,279
В	От 9 до 17	От 0,226 до 0,426
Г	От 17 до 27	От 0,142 до 0,226
Д	От 27 до 50	От 0,077 до 0,142

В данной курсовой работе необходимо:

а) самостоятельно задавшись конструкцией оконного блока (конструкцию оконных блоков можно взять из приложения Г данного пособия) и соответствующими величинами сопротивления теплопередаче непрозрачной и светопрозрачной частей, рассчитать приведённое сопротивление теплопередаче оконного блока;

б) определить расчётную разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях оконных блоков для всех этажей здания;

в) рассчитать требуемое сопротивление воздухопроницанию окон, расположенных на разных этажах здания;

г) определить классы по воздухопроницанию окон, устанавливаемых на каждом этаже.

В качестве примера рассчитаем окна, установленные в проектируемом 9-этажном жилом здании.

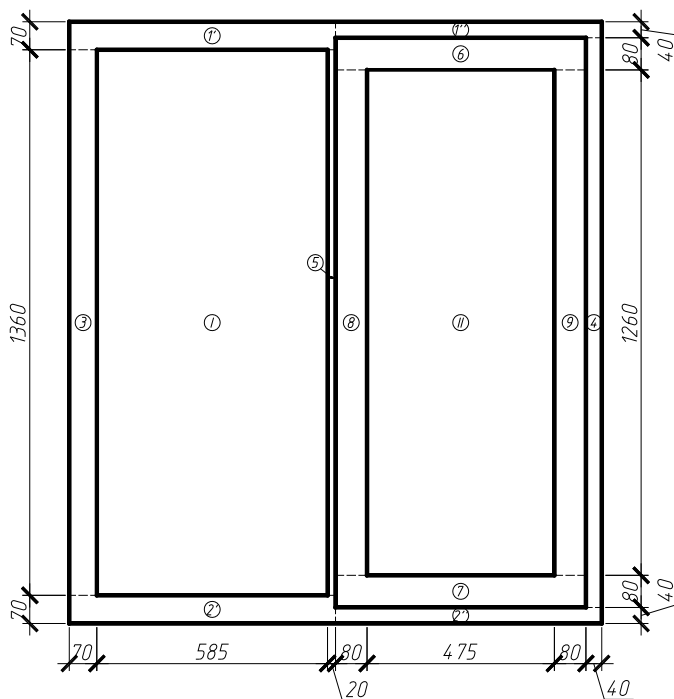


Рис. 5.1. Конструкция рассчитываемого окна

Конструкция окна приведена на рис. 5.1. Материал непрозрачной части – поливинилхлоридный 5-камерный профиль «Века» системы Softline XXL, заполнение створок – двухкамерный энергосберегающий стеклопакет марки 4-12-4И-12-И4.

5.1. Расчёт сопротивления теплопередаче

В соответствии с требованиями [6, табл. 5.1] сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей, устанавливаемых в жилых зданиях, должно быть не менее нормативного $R_{т. норм} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Для определения приведённого сопротивления теплопередаче окон воспользуемся формулой

$$R_{т}^{\text{ок}} = \frac{F_{\text{ок}}}{\frac{F_{\text{непр}}}{R_{т. \text{непр}}} + \frac{F_{\text{св}}}{R_{т. \text{св}}}},$$

где $F_{\text{ок}} = F_{\text{непр}} + F_{\text{св}}$ – площадь окна, м^2 ;

$F_{\text{непр}}$ и $F_{\text{св}}$ – суммарная площадь непрозрачной и светопрозрачной части окна соответственно, м^2 ;

$R_{т. \text{непр}}$ и $R_{т. \text{св}}$ – приведённое сопротивление теплопередаче непрозрачной и светопрозрачной части соответственно, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Из приложений Д и Е данного пособия имеем, что для профиля «Века» системы Softline XXL сопротивление теплопередаче составляет $R_{\text{непр}} = 1,00 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, а сопротивление теплопередаче стеклопакета марки 4-12-4И-12-И4 – $R_{\text{св}} = 1,09 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Для удобства сведём расчёт в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Расчёт приведённого сопротивления теплопередаче окна

Номер зоны	Ширина b , м	Высота h , м	Площадь F , м^2	$R_{т}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$F/R_{т}$, $\text{Вт}/\text{°C}$
1'	0,675	0,07	0,04725	$R_{\text{св}} = 1,00$	0,6309
1''	0,675	0,04	0,027		
2'	0,675	0,07	0,04725		
2''	0,675	0,04	0,027		
3	0,07	1,36	0,0952		
4	0,04	1,42	0,0568		
5	0,02	1,36	0,0272		
6	0,635	0,08	0,0508		
7	0,635	0,08	0,0508		
8	0,08	1,26	0,1008		
9	0,08	1,26	0,1008		
Итого по непрозрачной части			0,6309		

Номер зоны	Ширина b , м	Высота h , м	Площадь F , м ²	R_T , м ² ·°С/Вт	F/R_T , Вт/°С
I	0,585	1,36	0,7956		
II	0,475	1,26	0,5985		
Итого по светопрозрачной части			1,3941		
Итого по окну			2,025	$R_T^{OK} = 1,06$	1,9099

Так как $R_T^{OK} > R_{T, норм}$, значит, данная конструкция окна удовлетворяет требованиям [6] по сопротивлению теплопередаче.

Для окон и балконных дверей других размеров сопротивление теплопередаче в дальнейшем принимаем равным нормативному.

5.2. Расчёт сопротивления воздухопроницанию

Сопротивление воздухопроницанию окон R_B^{OK} , м²·ч/кг, устанавливаемых в жилых зданиях, должно быть равно требуемому сопротивлению воздухопроницанию $R_{B, тр}$, определяемому согласно выражению (5.1) с допустимым отклонением не более +20 %:

$$R_{B, тр} = \left(\frac{\Delta p}{10} \right)^{2/3} \cdot \frac{1}{G_{норм}}, \quad (5.1)$$

где $\Delta p_{норм} = 10$, Па;

$G_{норм}$ – нормативная воздухопроницаемость ограждения, кг/(м²·ч), принимаемая по табл. 8.1 [6] и равная для окон жилых зданий $G_{норм} = 10,0$ кг/(м²·ч);

Δp – расчётная разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения, рассчитываемая по формуле

$$\Delta p = (H - h) \cdot g(\rho_n - \rho_v) + 0,5\rho_n v_{cp}^2 (c_n - c_n) k_i, \text{ Па,}$$

где H – высота здания от поверхности земли до устья вытяжной шахты, м;

h – высота от поверхности земли до центра рассматриваемого окна, м;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

ρ_n и ρ_v – плотность наружного и внутреннего воздуха соответственно, определяемая по формуле

$$\rho = \frac{353}{273 + t}, \text{ кг/м}^3, \quad (5.2)$$

где t – расчётная температура воздуха, °С, внутреннего – согласно табл. 2.1, наружного – средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. 2.2);

v_{cp} – максимальная из средних скоростей ветра по румбам в январе, м/с (табл. 2.2);

c_n и $c_{п}$ – аэродинамические коэффициенты наветренного и подветренного фасада здания соответственно, принимаемые согласно приложению 4 [8];

k_i – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, принимаемый по табл. 6 [8] или приложению Ж данного пособия в зависимости от типа местности и высоты от поверхности земли до центра рассматриваемого окна h .

Для рассматриваемых в примере условий $t_v = 18 \text{ °С}$ и $t_{x,sc} = -24 \text{ °С}$ имеем:

$$\rho_n = \frac{353}{273 - 24} = 1,42 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_v = \frac{353}{273 + 18} = 1,21 \text{ кг/м}^3.$$

Из приложения 4 [8] принимаем для отдельно стоящих плоских сплошных вертикальных конструкций $c_n = +0,8$ и $c_{п} = -0,6$.

Расчётную высоту здания, высоту от поверхности земли до центра окна принимаем исходя из размеров, указанных на рис. 5.2.

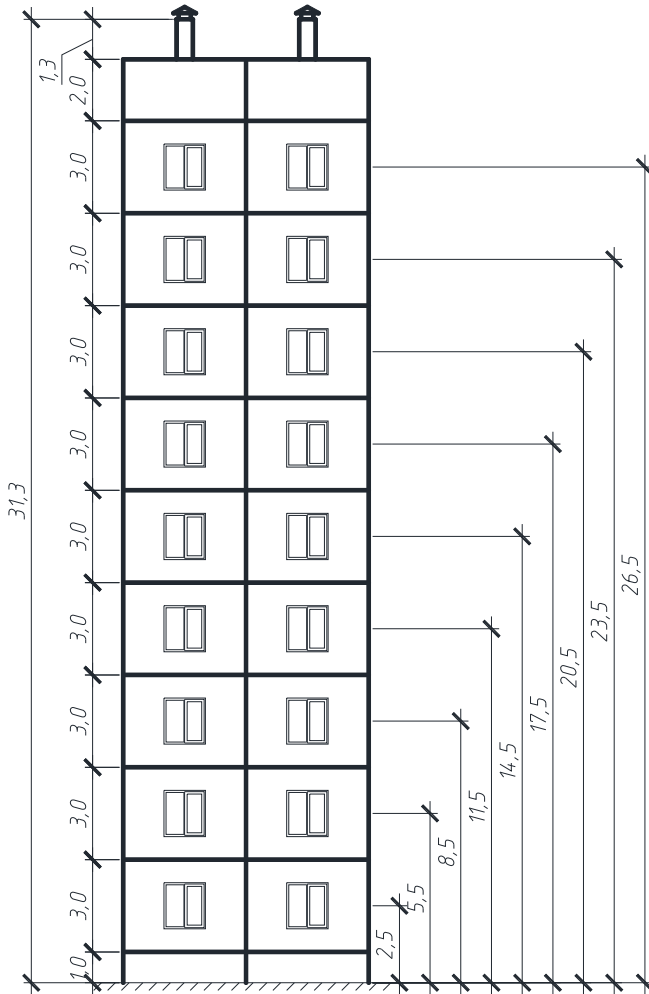


Рис. 5.2. Фасад здания

Расчёты по определению требуемого сопротивления воздухопроницанию сведём в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Расчёт требуемого сопротивления воздухопроницанию окон

Этаж	H , м	h , м	$\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{н}}$, кг/м ³	$v_{\text{ср}}$, м/с	$C_{\text{н}} - C_{\text{п}}$	k_i	Δp , Па	$G_{\text{норм}}$, кг/(м ² ·ч)	$R_{\text{в,тр}}$, м ² ·ч/кг
1	31,3	2,5	0,21	1,42	3,1	1,4	0,500	64,11	10,0	0,345
2		5,5					0,515	58,07		0,323
3		8,5					0,605	52,75		0,303
4		11,5					0,680	47,29		0,282
5		14,5					0,740	41,68		0,259
6		17,5					0,800	36,07		0,235
7		20,5					0,856	30,43		0,210
8		23,5					0,894	24,61		0,182
9		26,5					0,931	18,78		0,152

Сопротивление воздухопроницанию окон, устанавливаемых в данном здании, может составлять от 100 до 120 % от требуемого, т. е. для каждого окна существует диапазон допустимых значений сопротивления воздухопроницанию. Классы устанавливаемых окон по воздухопроницанию выбираются исходя из значений сопротивления воздухопроницанию на границах класса. Данные об устанавливаемых в рассчитываемом здании окнах сведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Сопротивление воздухопроницанию
и классы устанавливаемых окон

Этаж	Требуемое сопротивление воздухопроницанию $R_{\text{в, тр}}$ (при $\Delta p = 10$ Па), м ² ·ч/кг	Сопротивление воздухопроницанию окон $R_{\text{в, ок}} = R_{\text{в, тр}} \cdot \dots \cdot 1,2 R_{\text{в, тр}}$ (при $\Delta p = 10$ Па), м ² ·ч/кг	Классы окон по воздухопроницанию
1	0,345	0,345–0,414	В
2	0,323	0,323–0,388	В
3	0,303	0,303–0,364	В
4	0,282	0,282–0,338	В

Этаж	Требуемое сопротивление воздухопроницанию $R_{в.тр}$ (при $\Delta p = 10$ Па), $м^2 \cdot ч/кг$	Сопротивление воздухопроницанию окон $R_{в.ок} = R_{в.тр} \cdot 1,2$ (при $\Delta p = 10$ Па), $м^2 \cdot ч/кг$	Классы окон по воздухопроницанию
5	0,259	0,259–0,311	В
6	0,235	0,235–0,282	В
7	0,210	0,210–0,252	В (при $R_{в.ок} = 0,226 - 0,252$ $м^2 \cdot ч/кг$); Г (при $R_{в.ок} = 0,210 - 0,226$ $м^2 \cdot ч/кг$)
8	0,182	0,182–0,218	Г
9	0,152	0,152–0,182	Г

Для обеспечения поступления требуемого количества наружного воздуха через окна предусматривают в их конструкции специальные приточные клапаны.

6. Конструирование и расчёт системы отопления

6.1. Общие положения

Основное назначение систем отопления – создание теплового комфорта в помещениях, т. е. тепловых условий, благоприятных для жизни и деятельности человека. Тепловой комфорт в холодное время года обеспечивается при поддержании определённой температуры воздуха в помещении, температуры внутренней поверхности наружных ограждений и поверхности отопительных установок.

Системы отопления, а также тип отопительных приборов, вид и параметры теплоносителя принимаются в соответствии со строительными нормами и заданием на проектирование.

Системы отопления зданий проектируют, 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.

В данной курсовой работе необходимо сконструировать однотрубную вертикальную водяную систему отопления с тупиковым движением теплоносителя для жилого многоквартирного здания с последующим подбором количества секций чугунных отопительных приборов.

Расчёт системы отопления начинается с определения потерь теплоты отдельными помещениями и зданием в целом. Расчёт выполняется согласно [7].

Расчётный тепловой поток Q_t , обеспечиваемый теплоносителем системы, ветви, стояка или расчётного участка, следует определять по формуле

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + 0,9Q_3, \text{ Вт},$$

где Q_1 – расчётный тепловой поток отопительных приборов отапливаемого помещения, Вт, определяемый по формуле (6.1);

Q_2 – дополнительные потери теплоты при остывании теплоносителя в подающих и обратных магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях, Вт, определяемые расчетом;

Q_3 – часть расчётных потерь теплоты, Вт, возмещаемых поступлением теплоты от трубопроводов, проходящих в отапливаемом помещении.

Расчётный тепловой поток отопительных приборов отапливаемого помещения Q_1 при их установке у наружных стен можно определить по формуле

$$Q_1 = Q_4 - 0,9Q_3, \text{ Вт}, \quad (6.1)$$

где Q_4 – расчётные суммарные потери теплоты отапливаемого помещения, Вт, определяемые по выражению (6.2).

Расчётные суммарные потери теплоты отапливаемого помещения Q_4 определяют по балансу

$$Q_4 = \Sigma Q + Q_i - Q_h(1 - \eta_1), \text{ Вт}, \quad (6.2)$$

где ΣQ – основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения, Вт, определяемые по формуле (6.4);

Q_i – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения, Вт, определяемый по формулам (6.5)–(6.7);

Q_h – суммарный тепловой поток, регулярно поступающий в помещения здания от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, людей и других источников, Вт; при этом для жилых зданий тепловой поток, поступающий от электрических приборов, освещения, людей и других источников на 1 м² площади жилых помещений и кухонь, следует принимать по изменению №4 [7]:

– при обеспеченности жильём 20 м² общей площади квартир и менее на 1 чел. – равным 9 Вт/м²,

– при обеспеченности жильём 45 м² общей площади квартир и более на 1 чел. – равным 3 Вт/м²,

– для других значений обеспеченности жильём – интерполяцией по значениям 3 и 9 Вт/м²;

η_1 – коэффициент, принимаемый по табл. 6.1 в зависимости от способа регулирования системы отопления.

Таблица 6.1

Значения коэффициента η_1 в зависимости от способа регулирования системы отопления [7]

Система отопления и способ регулирования	η_1
Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с пофасадным авторегулированием на вводе, или система поквартирного отопления однотрубная, или двухтрубная с горизонтальной разводкой	1,00
Двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе	0,95
Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе, или однотрубная система без автоматических терморегуляторов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,90

Система отопления и способ регулирования	η_1
Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,85
Система отопления без автоматических терморегуляторов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха	0,70
Система отопления без автоматических терморегуляторов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной	0,50
Водяное отопление без регулирования	0,20

Дополнительные потери теплоты через участки наружных ограждающих конструкций, расположенных за отопительным прибором, а также за счёт остывания теплоносителя в трубопроводах, проложенных в неотапливаемых помещениях, в сумме следует принимать не более 7 % теплового потока системы отопления.

Для наиболее распространённых проектных вариантов жилых домов при определении расчётного теплового потока можно пользоваться следующей зависимостью:

$$Q_i = \frac{Q_4}{0,93}. \quad (6.3)$$

Основные и добавочные потери теплоты следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q , с округлением до 10 Вт для помещений:

$$Q = \frac{A(t_b - t_n) \cdot n(1 + \Sigma\beta)}{R_T}, \text{ Вт}, \quad (6.4)$$

где A – расчётная площадь ограждающей конструкции, м^2 ;

t_b – расчётная температура воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$, с учётом повышения её в зависимости от высоты для помещений высотой более 4 м;

t_n – расчётная температура наружного воздуха для холодного периода года, равная температуре холодной пятидневки $t_{x,5c}$ при рас-

чёте потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции или температуре воздуха более холодного помещения – при расчёте потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции, °С;

n – коэффициент, принимаемый по табл. 6.2 в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, для жилых зданий принимаются равными:

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращённые на север, восток, северо-восток и северо-запад – 0,10, на юго-восток и запад – 0,05, для прочих сторон света – 0;

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

в) в помещениях (при типовом проектировании) через стены, двери и окна и обращённых на любую из сторон света, – 0,08 при одной наружной стороне и 0,13 – для угловых помещений, а во всех жилых помещениях – 0,13 независимо от количества наружных стен;

R_T – приведённое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт;

Таблица 6.2

Значения коэффициента n в зависимости от расположения наружных ограждающих конструкций [6]

Ограждающие конструкции	n
Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом); чердачные перекрытия с кровлей из штучных материалов и перекрытия над проездами	1,0
Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; чердачные перекрытия с кровлей из рулонных материалов	0,9
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах	0,75
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенные ниже уровня земли	0,4

При определении расчётных площадей наружных ограждений (А) руководствуются правилами их обмера [12], которые иллюстрирует рис. 6.1. Линейные размеры ограждений устанавливают с точностью до 0,1 м, а поверхности ограждений – с точностью до 0,1 м².

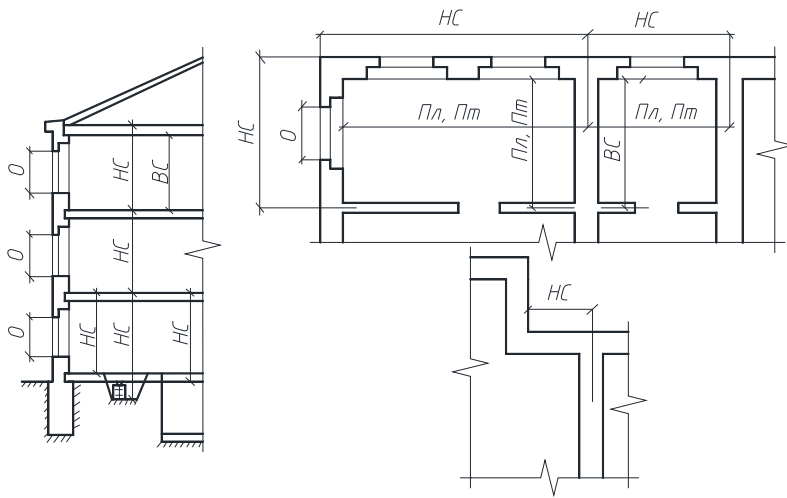


Рис. 6.1. Обмер площадей по плану и по разрезу здания:
НС – наружная стена; ВС – внутренняя стена; Пл – пол; Пт – потолок; О – окно

1) Для определения площади наружных стен (сокращённое обозначение – НС) измеряют на планах длину стен угловых помещений по внешней поверхности от наружных углов до осей внутренних стен, неугловых (рядовых) помещений – между осями внутренних стен.

На разрезах – высоту стен на первом этаже (в зависимости от конструкции пола) от внешней поверхности пола, расположенного непосредственно на грунте, или от нижнего уровня подготовки под конструкцию пола на лагах, или от нижней поверхности перекрытия над холодным пространством (подпольем, подвалом, проездом) до уровня чистого пола второго этажа; на средних этажах – от поверхности пола рассматриваемого этажа до поверхности пола вышележащего; на верхнем этаже – от поверхности пола до верха конструкции чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия (в месте пересечения с внутренней поверхностью наружной стены).

2) Для вычисления площади внутренних стен (ВС) измеряют (см. рис. 6.1):

- на планах – длину стен от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен или между осями внутренних стен;
- на разрезах – высоту стен от поверхности пола до поверхности потолка.

3) Площадь заплнений световых проёмов – окон (сокращённое обозначение – О), дверей (Д), ворот (В) и световых фонарей (Ф) – определяют по наименьшим размерам строительных проёмов.

4) Площадь потолков (Пт) и полов над холодным пространством (Пл) измеряют между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружных стен.

Следует обратить внимание на определение высоты стен первого и верхнего этажей, особенно в случае бесчердачного покрытия. При наличии в таком покрытии воздушной вентилируемой прослойки, последняя рассматривается как чердачное пространство. Высоту стен одноэтажных зданий следует определять как для первого этажа с учётом требований по верхнему этажу.

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха Q_i в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции следует принимать равным большей из величин, полученных в результате расчёта по формулам (6.5) и (6.6):

$$Q_i = 0,28 \sum G_i \cdot c (t_v - t_n) k, \text{ Вт}, \quad (6.5)$$

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

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

t_v, t_n – расчётные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении (средняя с учётом повышения для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года;

k – коэффициент учёта влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный:

0,7 – для стыков панелей стен и окон с тройными переплётами;

0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплётами;

1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплётами и открытых проёмов.

$$Q_i = 0,28L_{п.и} \cdot \rho c(t_{в} - t_{н})k, \quad (6.6)$$

где $L_{п.и}$ – расход удаляемого воздуха, некомпенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч;

ρ – плотность воздуха в помещении, кг/м³.

Для жилых зданий приточный воздухообмен нормируется удельным расходом: 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений. В таком случае для расчётов формула (6.7) приобретёт вид:

$$Q_i = F(t_{в} - t_{н}), \quad (6.7)$$

где F – площадь помещения, м².

Расчёт теплопотерь рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- нумеруем помещения (рис. 1.1);
- для каждого помещения определяем ограждающие конструкции, разность температур воздуха у внутренней и наружной поверхностей которых составляет 3 °С и более;
- для выбранных ограждений определяем размеры, сопротивление теплопередаче, ориентацию;
- производим расчёт.

Выполним расчёт теплопотерь квартиры на примере (помещения 110–115).

Для этого необходимо задаться некоторыми данными:

- принимаем согласно заданию вертикальную однотрубную систему отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе при использовании стальных трубопроводов;
- обеспеченность жильём для данного здания составляет 20 м² общей площади квартир на 1 чел.;
- данный проект не является типовым;
- чердачные перекрытия с кровлей из штучных материалов.

Рассмотрим расчёт для помещения 110. В нём на первом этаже имеются следующие различные наружные ограждения: наружная стена (НС) с ориентацией на юг, заполнение светового проёма (О) с ориентацией на юг, НС с ориентацией на запад и перекрытие над подвалом (Пл). Помещение 110 является угловым, поэтому принимаем расчётную температуру на 2 °С выше принятой (согласно [3]):

$$t_{\text{в}} = 18 + 2 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Площади ограждений определяются согласно правилам обмера. Для НС помещения 110, обращённой на юг, вычитается площадь окна, расположенного в рассматриваемой стене.

Добавочные потери теплоты в долях от основных потерь определяются по методике, изложенной выше.

Потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции определяются по формуле (6.4).

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха Q_i можно определить по выражению (6.7).

Для данного примера $Q_h = 9F$.

Расчётные суммарные потери теплоты отапливаемого помещения Q_4 , следует определять по выражению (6.2).

Для удобства расчёты сведены в табл. 6.3 и 6.4.

Расчётные суммарные теплопотери помещений, в которых не предполагается установка отопительных приборов (отсутствуют наружные стены), компенсируют приборами ближайших жилых помещений. Не рекомендуется такие теплопотери относить к приборам, расположенным на кухне, поскольку нагретый воздух будет удалён системой вентиляции.

Таблица 6.3

Определение основных и добавочных теплопотерь помещениями расчётной квартиры на всех этажах

Помещение		Ограждение						$\alpha_{\text{от}} \cdot \alpha_{\text{в}} \cdot (\alpha_{\text{в}} + \alpha_{\text{от}})$	$Q_{\text{в}}, \text{Вт}$	$\Sigma Q_{\text{в}}, \text{Вт}$	Примечание
Номер (назначение)	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$, площадь $F, \text{м}^2$	Наименование	Ориентация	Размеры, м	$A, \text{м}^2$	$R_{\text{тв}}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$					
110 (жилая)	20 14,8	НС	Ю	3,25 × 3,0 – 2,1	7,7	3,33	44	1,05	110	620	Включая теплопотери 110 к, 114, 115
		О	Ю	1,5 × 1,4	2,1	1,06	44	1,05	100		
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		
		Пл	–	14,8 + 6,3	21,1	2,50	15	1	130		
111 (жилая)	18 14,8	НС	С	3,25 × 3,0 – 2,1	7,7	3,33	44	1,15	120	600	
		О	С	1,5 × 1,4	2,1	1,06	44	1,15	110		
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		
		Пл	–	14,8	14,8	2,50	15	1	90		
112 (жилая)	18 10,8	НС	С	3,0 × 3,0 – 2,1	6,9	3,33	42	1,1	100	280	Включая теплопотери 112 к
		О	С	1,5 × 1,4	2,1	1,06	42	1,1	100		
		Пл	–	10,8 + 4,0	14,8	2,50	13	1	80		
		НС	Ю	3,0 × 3,0 – 2,1	6,9	3,33	42	1	90		
113 (кухня)	18 8,3	О	Ю	1,5 × 1,4	2,1	1,06	42	1	90	230	
		Пл	–	8,3	8,3	2,50	13	1	50		
		НС	Ю	3,25 × 3,0 – 2,1	7,7	3,33	44	1,05	110		
210 – 810 (жилая)	20 14,8	О	Ю	1,5 × 1,4	2,1	1,06	44	1,05	100	490	
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		

Помещение		Ограждение					$\alpha_{\text{ср}} (t_{\text{в}} - t_{\text{ср}})$	$\sum_{i=1}^n$	$Q, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$	Примечание
Номер (назначение)	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$, площадь $F, \text{м}^2$	Наименование	Ориентация	Размеры, м	$A, \text{м}^2$	$R_{\text{т}}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$					
211 – 811 (жилая)	18 14,8	НС	С	3,25 × 3,0 – 2,1	7,7	3,33	44	1,15	120	510	
		О	С	1,5 × 1,4	2,1	1,06	44	1,15	110		
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		
212 – 812 (жилая)	18 10,8	НС	С	3,0 × 3,0 – 2,1	6,9	3,33	42	1,1	100	200	
		О	С	1,5 × 1,4	2,1	1,06	42	1,1	100		
213 – 813 (кухня)	18 8,3	НС	Ю	3,0 × 3,0 – 2,1	6,9	3,33	42	1	90	180	
		О	Ю	1,5 × 1,4	2,1	1,06	42	1	90		
		НС	Ю	3,25 × 3,0 – 2,1	7,7	3,33	44	1,05	110		
910 (жилая)	20 14,8	О	Ю	1,5 × 1,4	2,1	1,06	44	1,05	100	650	Включая теплотери 910 к, 914, 915
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		
		Пг	–	14,8 + 6,3	21,1	6,00	44	1	160		
		НС	С	3,25 × 3,0 – 2,1	7,7	3,33	44	1,15	120		
911 (жилая)	18 14,8	О	С	1,5 × 1,4	2,1	1,06	44	1,15	110	620	
		НС	З	6,25 × 3,0	18,8	3,33	44	1,1	280		
		Пг	–	14,8	14,8	6,00	44	1	110		
		НС	С	3,0 × 3,0 – 2,1	6,9	3,33	42	1,1	100		
912 (жилая)	18 10,8	О	С	1,5 × 1,4	2,1	1,06	42	1,1	100	310	Включая теплотери 912 к
		Пг	–	10,8 + 4,0	14,8	6,00	42	1	110		
		НС	Ю	3,0 × 3,0 – 2,1	6,9	3,33	42	1	90		
913 (кухня)	18 8,3	О	Ю	1,5 × 1,4	2,1	1,06	42	1	90	240	
		Пг	–	8,3	8,3	6,00	42	1	60		

Таблица 6.4

**Определение расчётных суммарных потерь теплоты
отапливаемыми помещениями**

Номер и назначение помещения	$t_b, ^\circ\text{C}$	Площадь помещения F, m^2	$\Sigma Q, \text{Вт}$	$Q_i, \text{Вт}$	$Q_b, \text{Вт}$	$Q_b \times$ $\times (1-\eta_1),$ Вт	$Q_4, \text{Вт}$
110 жилая	20	14,8	620	650	130	20	1250
111 жилая	20	14,8	600	650	130	20	1230
112 жилая	18	10,8	280	450	100	15	720
113 кухня	18	8,3	230	350	70	10	570
Итого по квартире на 1-м этаже			1730	2100	430	65	3770
210–810 жилая	20	14,8	490	650	130	20	1120
211–811 жилая	20	14,8	510	650	130	20	1140
212–812 жилая	18	10,8	200	450	100	15	640
213–813 кухня	18	8,3	180	350	70	10	520
Итого по квартире на промежуточном этаже			1380	2100	430	65	3420
910 жилая	20	14,8	650	650	130	20	1280
911 жилая	20	14,8	620	650	130	20	1250
912 жилая	18	10,8	310	450	100	15	750
913 кухня	18	8,3	240	350	70	10	580
Итого по квартире на 9-м этаже			1820	2100	430	65	3860
Всего по этажам			13210	18900	3870	585	31570

6.2. Конструирование системы отопления

После расчёта суммарных теплотерь выполняется конструирование системы.

На планах этажей наносятся отопительные приборы. Их размещают, как правило, под световыми проёмами, обеспечивая доступ для осмотра, ремонта и очистки, у каждой наружной стены помещения (при наличии в помещении двух и более наружных стен) – с целью ликвидации нисходящего на пол холодного потока воздуха. В силу тех же обстоятельств длина отопительного прибора должна составлять не менее 0,7–0,9 ширины оконных проёмов отапливаемых помещений. Полная высота отопительного прибора должна быть

меньше расстояния от чистого пола до низа подоконной доски (или низа оконного проёма при её отсутствии) на величину не менее 110 мм. Нагревательные приборы и теплопроводы не размещают в отсеках тамбуров, имеющих наружные двери.

Приборы на лестничной клетке присоединяют к отдельным ветвям или стоякам системы отопления.

После выбора места установки отопительных приборов на планах обозначается местоположение стояков (для вертикальных систем), монтажных шкафов с распределительными узлами (для горизонтальных систем при скрытой прокладке трубопроводов). Наносятся распределительные теплопроводы с соответствующей маркировкой и, при необходимости, с обозначением уклонов трубопроводов.

Уклоны трубопроводов воды следует принимать не менее 0,002. Трубопроводы воды допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

Трубопроводы систем отопления проектируют из стальных (кроме оцинкованных), медных, латунных труб, а также термостойких металлополимерных и полимерных труб.

Прокладка стальных и медных (латунных) трубопроводов систем отопления предусматривается открытой. При обосновании допускается скрытая прокладка указанных трубопроводов.

Прокладка труб из полимерных материалов предусматривается скрытой: в конструкции пола, за экранами, в штрабах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка указанных трубопроводов по техническим этажам (подпольям), а также в пределах пожарной секции здания, где исключается их механическое повреждение, внешний нагрев наружной поверхности труб более 90 °С и прямое воздействие ультрафиолетового излучения.

Тепловая изоляция предусмотрена для трубопроводов систем отопления, прокладываемых в неотапливаемых помещениях, в местах, где возможно замерзание теплоносителя.

Назначается местоположение помещения теплового пункта. Как правило, тепловой пункт располагают в подвале, в помещении, прилегающем к месту ввода тепловых сетей в здание.

При проектировании вертикальных систем отопления на планах подвала и чердака обозначают местоположение стояков (в соответ-

ствии с планами этажей), а затем наносят магистральные теплопроводы, формирующие и соединяющие отдельные ветки и стояки с тепловым пунктом. Трубопроводы, расположенные друг над другом, условно на планах изображают параллельными линиями. При этом размерными линиями на планах можно обозначить расстояние каждого из трубопроводов от стены, от оси или другой определяющей монтажный размер.

Схемы систем показывают условными обозначениями в осях фронтальной изометрии (примеры выполнения чертежей приведены в разделе 8). Места разрывов воздухопроводов и трубопроводов обозначают строчными буквами русского (белорусского) алфавита, а точки разрывов соединяют пунктирной линией (в том числе ломаной). Частично в схемах допускается искажение горизонтального масштаба по соображениям сохранения зрительного восприятия схемы.

Удаление воздуха из систем отопления при теплоносителе воде следует предусматривать в верхних точках.

В насосных системах водяного отопления предусмотрены, как правило, проточные воздухоборники, краны или автоматические воздухоотводчики. В системах отопления с нижней разводкой магистралей для удаления воздуха предусматриваются воздуховыпускные краны на нагревательных приборах верхних этажей (в горизонтальных системах – на каждом нагревательном приборе).

Системы отопления оборудуются устройствами для их опорожнения.

На каждом стояке устанавливают запорную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов.

Арматуру и дренажные устройства, как правило, не размещают в подпольных каналах.

Запорная арматура служит для отключения и спуска воды из отдельных колец, ветвей и стояков систем отопления.

Предусматриваются балансировочные клапаны на каждом стояке для гидравлической регулировки системы.

Результат конструирования однотрубной вертикальной водяной системы отопления для нашего примера показан в составе графической части работы (см. раздел 8).

6.3. Тепловой расчёт системы отопления

Цель теплового расчёта состоит в выборе типа и размера (или количества секций) отопительного прибора при расчётных условиях для проектируемой системы отопления.

В нашем примере используются чугунные радиаторы МС-140М. Номинальный условный тепловой поток одной секции такого радиатора q_n составляет 160 Вт (приложение М). Радиаторы установлены без ниши, перекрыты подоконной доской. Расстояние от верха радиатора до подоконной доски $B = 100$ мм.

Применяется следующая последовательность расчёта [12, 19]:

1. Определяется суммарное понижение температуры воды $\Sigma\Delta t_m$ на участках подающей магистрали от теплового пункта до рассматриваемого стояка, ветви или распределителя [12, раздел 9.4]. В табл. 6.5 показаны ориентировочные значения понижения температуры 1 м изолированной подающей магистрали, проложенной в неотапливаемом помещении.

Таблица 6.5

Понижение температуры 1 м изолированной подающей магистрали насосной системы отопления [19]

$D_{в2}$, мм	25–40	50	65–100	125–150
Δt_m , °С/м	0,04	0,03	0,02	0,01

Далее определяется температура воды на входе в рассматриваемый стояк:

$$t_1 = t_r - \Sigma\Delta t_m . \quad (6.8)$$

2. Для однотрубного стояка вычисляются расчётные температуры на стояке между узлами отопительных приборов, являющиеся в дальнейшем расчёте температурами входа воды в отопительный прибор $t_{вх}$. Вычисления производят, начиная с t_2 :

$$t_2 = t_1 - Q_{пр1} \left(\frac{t_1 - t_0}{Q_{ст}} \right) ,$$

$$t_3 = t_2 - Q_{\text{пр}2} \left(\frac{t_1 - t_0}{Q_{\text{ст}}} \right) \text{ и т. д.}, \quad (6.9)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – суммарная тепловая нагрузка, Вт, отопительных приборов данного помещения, присоединённых к данному стояку; соответствующая расчётной тепловой нагрузке данного помещения Q_4 при одном стояке (или части Q_4 при нескольких стояках);

$Q_{\text{ст}}$ – суммарная тепловая нагрузка стояка, Вт, равная сумме тепловых нагрузок отопительных приборов, присоединённых к стояку.

3. Определяется средняя температура отопительного прибора

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{вх}} - 0,5 Q_{\text{пр}} \left(\frac{0,86 \beta_1 \beta_2}{\alpha G_{\text{ст}}} \right),$$

где β_1 – коэффициент учёта дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счёт округления сверх расчётной величины, принимаемый по табл. 6.6;

β_2 – коэффициент учёта дополнительных потерь теплоты отопительными приборами, расположенными у наружных ограждающих конструкций, принимаемый по [7, табл. М. 2]; при установке чугунных секционных радиаторов у наружной стены (в том числе и под световыми проёмами) $\beta_2 = 1,02$, при установке у остекления светового проёма $\beta_2 = 1,07$;

α – коэффициент затекания воды в отопительный прибор, определяемый по нормальным радиаторным клапанам;

$G_{\text{ст}}$ – расчётный расход воды в стояке, принимаемый из гидравлического расчёта системы отопления:

$$G_{\text{ст}} = \frac{0,86 Q_t}{\Delta t}, \text{ кг/ч,}$$

где Q_t – расчётный тепловой поток, Вт, определяется по (6.3);

Δt – расчётная разность температуры воды в подающей и обратной магистралях системы отопления, °С.

Таблица 6.6

Значение коэффициента β_1 [7]

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт	100	120	150	180	210	240	300
β_1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,06	1,08	1,13

Для теплового расчёта жилого здания среднюю температуру можно определить из следующего уравнения (погрешность в среднем не превышает 0,5 % при $\alpha = 1$):

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}}{2}. \quad (6.10)$$

4. Для отопительного прибора определяется средняя расчётная разность температур теплоносителя и внутреннего воздуха

$$\Delta t_{\text{cp}} = t_{\text{cp}} - t_{\text{в}}. \quad (6.11)$$

5. Вычисляется тепловой поток Q_3 от трубопроводов, открыто проходящих в рассматриваемом помещении

$$Q_3 = \sum(q_{\text{в}} l_{\text{в}}) + \sum(q_{\text{г}} l_{\text{г}}), \quad (6.12)$$

где $q_{\text{в}}$ и $q_{\text{г}}$ – теплоотдача погонного метра вертикального и горизонтального неизолированного теплопровода соответственно, Вт/м, определяемые по приложению И;

$l_{\text{в}}$ и $l_{\text{г}}$ – длина вертикальных и горизонтальных трубопроводов соответственно, м.

6. Расчётный требуемый тепловой поток определяется по формуле (6.1).

7. Номинальный требуемый тепловой поток отопительного прибора определяется по выражению

$$Q_{н.т} = \frac{Q_1 \beta_4}{\varphi}, \quad (6.13)$$

где β_4 – коэффициент учёта способа установки прибора (приложение К);

φ – безразмерный коэффициент, используемый для пересчёта теплового потока при расчётных условиях Q_1 к номинальным условиям, рассчитываемый по формуле

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{\Delta t_{ном}} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p, \quad (6.14)$$

где p , n – эмпирические показатели, принимаемые по каталогам производителей или по приложению Л;

$\Delta t_{ном}$ – номинальная средняя разность температур, принимаемая по каталогам производителей. Для чугунных радиаторов белорусского производства $\Delta t_{ном} = 70$ °С;

$G_{пр}$ – расчётный расход воды через отопительный прибор, определяемый для однотрубной системы отопления по формуле

$$G_{пр} = \alpha G_{ст}, \text{ кг/ч,}$$

8. По требуемой величине $Q_{н.т}$ подбирается по каталогам производителей отопительный прибор.

Для секционных отопительных приборов требуемое минимальное число секций определяется по формуле

$$N_{\min} = \frac{Q_{н.т}}{q_n \beta_3}, \quad (6.15)$$

где q_n – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, принимаемый по каталогу производителя, Вт/секц;

β_3 – коэффициент учёта числа секций в приборе, определяемый по табл. 6.7;

При выборе числа секций отопительного прибора руководствуются следующим правилом: номинальный тепловой поток прибора $Q_{н.т}$ может быть меньше требуемого $Q_{пр}$ не более, чем на 5 % или на 60 Вт.

Таблица 6.7

Коэффициент учёта числа секций [12]

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

Выполним тепловой расчёт для стояка № 5, проходящего через помещение 110 рассматриваемой квартиры, представленной на рис. 6.2.

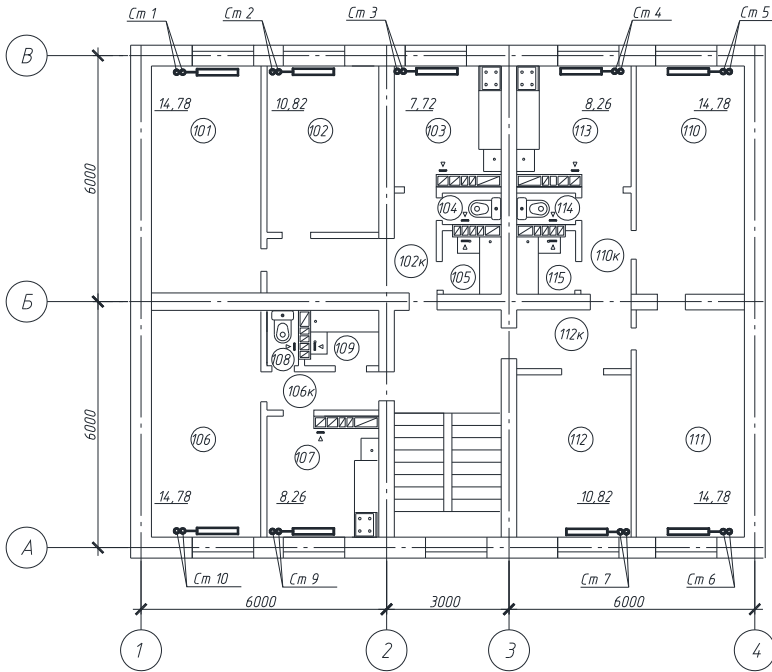


Рис. 6.2. План типового этажа с нижней разводкой трубопроводов и приставными шлакобетонными вентиляционными каналами

Тепловая нагрузка радиатора $Q_{пр}$ принимается равной Q_4 соответствующего помещения, если в данном помещении проектируется один отопительный прибор. При наличии в помещении более одного прибора нагрузка Q_4 разделяется между имеющимися приборами.

Для данного расчёта принимаем суммарное понижение температуры до выбранного стояка $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, основываясь на практическом опыте для наиболее распространённых вариантов систем отопления и на примерах, изложенных в [19]. Можно принимать суммарное понижение температуры от $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зависимости от удалённости расчётного стояка от теплового пункта.

Температура воды на входе в рассматриваемый стояк (в первый прибор по ходу движения теплоносителя) определяется по формуле (6.8). Температуры воды на выходе из отопительных приборов, являющихся температурами воды на входе в следующий прибор, рассчитываются по выражению (6.9). Средняя температура отопительного прибора и средняя расчётная разность температур определяется соответственно по формулам (6.10) и (6.11).

Величины Q_3 и Q_1 рассчитываются по выражениям (6.12) и (6.1) соответственно.

Коэффициент φ определяется по выражению (6.14). Номинальный требуемый тепловой поток отопительного прибора рассчитывается по формуле (6.13). Требуемое минимальное количество секций определяется по формуле (6.15).

Для наглядности результаты расчёта сведены в табл. 6.8.

Таблица 6.8

Определение количества секций чугунных
отопительных приборов МС-140М

Этаж	$Q_{пр}$, Вт	$G_{ст}$, кг/ч	Δt_M , $^{\circ}\text{C}$	$t_{вх}$, $^{\circ}\text{C}$	$t_{вых}$, $^{\circ}\text{C}$	$t_{ср}$, $^{\circ}\text{C}$	$\Delta t_{ср}$, $^{\circ}\text{C}$	Q_3 , Вт	Q_1 , Вт	φ	$Q_{ит}$, Вт	$N_{мин}$, секций	N , секций
9	1280	479	0,5	79,5	77,1	78,3	58,3	160	1140	0,788	1480	9,3	9
8	1120			77,1	75,0	76,1	56,1	380	780	0,750	1060	6,6	7
7	1120			75,0	72,9	74,0	54,0	360	800	0,714	1140	7,1	7
6	1120			72,9	70,8	71,9	51,9	340	810	0,678	1220	7,6	8
5	1120			70,8	68,7	69,8	49,8	320	830	0,642	1320	8,3	8
4	1120			68,7	66,6	67,7	47,7	300	850	0,607	1430	8,9	9
3	1120			66,6	64,5	65,6	45,6	290	860	0,573	1530	9,6	10
2	1120			64,5	62,4	63,5	43,5	270	880	0,539	1670	10,4	11
1	1250			62,4	60,0	61,2	41,2	250	1030	0,502	2090	13,1	13

$$Q_{ст} = 10370 \text{ Вт.}$$

Вычерчивается схема расчётного стояка системы отопления с нанесением отопительной нагрузки и числа секций отопительных приборов, а также рассчитанных температур между узлами отопительных приборов (рис. 6.3)

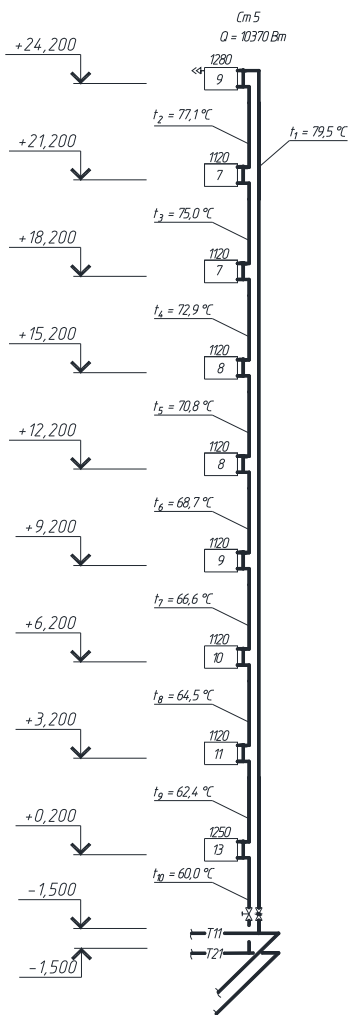


Рис. 6.3. Схема расчётного стояка системы отопления

7. Конструирование и расчёт системы вентиляции

7.1. Общие положения

Под вентиляцией понимают обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги и вредных веществ с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне. К допустимым параметрам микроклимата является такое сочетание параметров воздуха, которые при длительном воздействии на человека могут вызывать дискомфорт, но при этом нет опасности для здоровья человека.

В данной курсовой работе необходимо запроектировать систему естественной канальной вытяжной вентиляции, которая может быть выполнена по одному из следующих вариантов:

1) с применением вертикальных внутрстенных или приставных каналов с отверстиями, на которые установлены жалюзийные решётки; горизонтальных сборных воздуховодов и вытяжных шахт (при необходимости усиления тяги дополнительно устанавливают дефлектор);

2) с использованием унифицированных вентиляционных блоков.

Воздух удаляется из тех помещений, где происходит наибольшее выделение вредных веществ. Для этого в каждой квартире предусматриваются вытяжные каналы из кухни, ванной комнаты и туалета или совмещённого санузла. В пределах одной квартиры или ячейки в общежитии допускается осуществлять удаление воздуха одним каналом с подключением к нему следующих помещений:

- кухня и ванная;
- санузел и ванная.

Приток воздуха предусматривается неорганизованный через неплотности в ограждающих конструкциях и открытые форточки.

Вытяжка воздуха производится через жалюзийные решётки, устанавливаемые на расстоянии 0,2–0,5 м от потолка.

В жилых зданиях с кирпичными внутренними стенами вентиляционные каналы устраивают в толще стен (рис. 7.1, а) или в бороздах, заделываемых плитами (рис. 7.1, б). Размеры каналов в кирпичных стенах принимают кратными размерам кирпича: $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ кирпича (140×140 мм), $\frac{1}{2} \times 1$ кирпич (140×270 мм). Расстояние

между соседними вытяжными каналами и толщина стенки канала должны быть не менее $\frac{1}{2}$ кирпича (140 мм), между каналом и дверным проёмом – не менее 410 мм [1, 2, 11]. В наружных стенах каналы не размещаются.

В случае отсутствия внутренних кирпичных стен, устраивают приставные каналы (рис. 7.1, б) из блоков и плит с минимальным размером 100 × 150 мм, которые обычно выполняют из гипсошлаковых и шлакобетонных плит толщиной 35–40 мм. Приставные воздуховоды, как правило, устраивают у внутренних строительных конструкций: они могут размещаться у перегородок или компоноваться со встроенными шкафами. Если приставные воздуховоды по какой-либо причине размещаются у наружной стены (рис. 7.1, з), то между стеной и воздуховодом обязательно оставляют воздушную прослойку не менее 50 мм или делают утепление с целью недопущения охлаждения воздуха и, как следствие, снижения гравитационного давления.

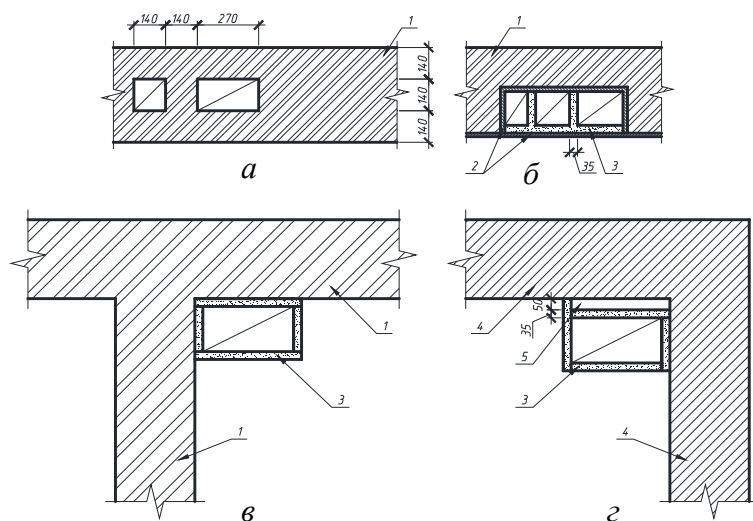


Рис. 7.1. Конструкция вентиляционных каналов:
а – во внутренних кирпичных стенах; *б* – в бороздах стены;
в – приставной у внутренних кирпичных стен; *з* – у наружной стены;
1 – внутренняя кирпичная стена; *2* – штукатурка; *3* – гипсошлаковые плиты;
4 – наружная стена; *5* – воздушная прослойка

В панельных зданиях вентиляция осуществляется через приставные или встроенные каналы во внутренних стенах и перегородках. В этом случае могут быть также приняты каналы круглого сечения диаметром не менее 100 мм из асбестоцементных труб или специальные вентиляционные блоки (рис. 7.2).

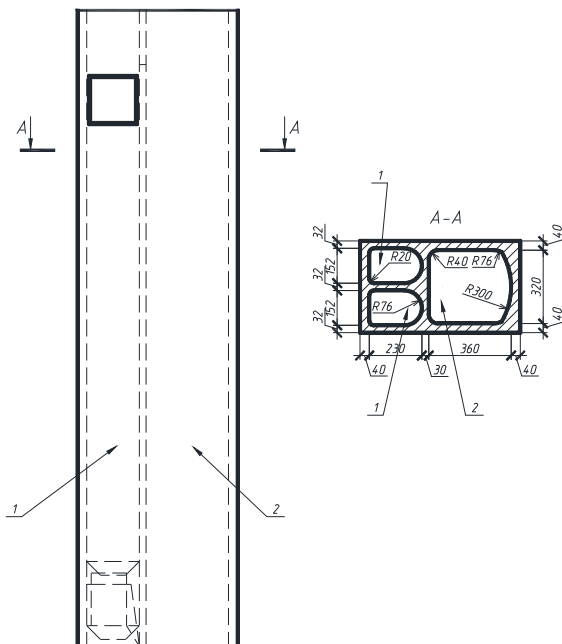


Рис. 7.2. Конструкция унифицированного вентиляционного блока:
1 – каналы-спутники; 2 – сборный вертикальный канал

Воздуховоды, прокладываемые на чердаках или в неотапливаемых помещениях, выполняют из двойных гипсошлаковых или шлакобетонных плит толщиной 40–50 мм с воздушной прослойкой 40 мм (рис. 7.3) либо из многупустотных гипсошлаковых или шлакобетонных плит толщиной 100 мм. Термическое сопротивление стенок воздуховодов, прокладываемых на чердаках или в неотапливаемых помещениях, должно быть не менее $0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. Сборные воздуховоды на чердаке размещают по железобетонному покрытию с подстилкой одного ряда плит, который заливают цементным раство-

ром слоем не менее 5 мм. Размер горизонтальных воздуховодов, расположенных на чердаках, следует принимать не менее 200 × 200 мм. Максимальный радиус действия одной вытяжной системы равен 8 м.

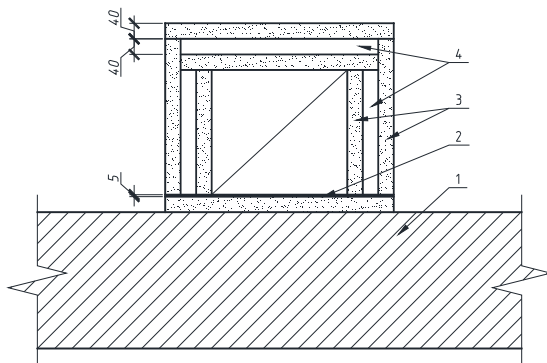


Рис. 7.3. Конструкция горизонтального канала с двумя стенками:
1 – плита перекрытия; 2 – стяжка из цементного раствора;
3 – гипсошлаковые плиты; 4 – воздушная прослойка

Вытяжная шахта для выброса воздуха должна быть выведена:

- при расстоянии от шахты до конька до 1,5 м – выше конька не менее чем на 0,5 м;
- при расстоянии от шахты до конька от 1,5 м до 3 м – не ниже конька;
- при расстоянии от шахты до конька свыше 3 м – не ниже линии, проведённой от конька вниз под углом 10° к горизонту.

В бесчердачных жилых зданиях вентиляционные каналы часто выводят без объединения в сборный воздуховод.

В зданиях с числом этажей свыше пяти допускается объединение отдельных вертикальных вытяжных каналов из каждых четырёх-пяти этажей в один сборный магистральный канал (рис. 7.4).

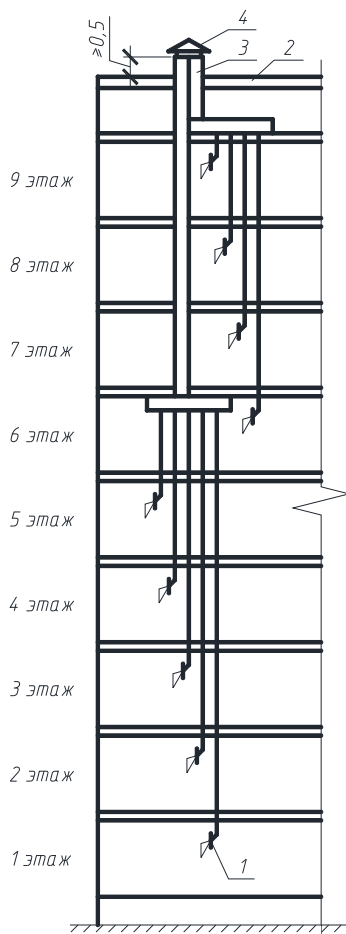


Рис. 7.4. Схема вытяжных каналов, объединённых на этаже и на чердаке:
 1 – жалюзийная решётка; 2 – кровля; 3 – сборная вытяжная шахта;
 4 – зонт (или дефлектор)

7.2. Аэродинамический расчёт вентиляционных систем

В соответствии с заданием, необходимо произвести аэродинамический расчёт вытяжных систем для квартиры верхнего этажа. Проектируем отдельную вытяжку из кухни и совмещённую из санузла и

ванной. Целью аэродинамического расчёта является нахождение требуемого размера канала при расчётном расходе удаляемого воздуха. Рассмотрим порядок аэродинамического расчёта.

1. Определение расчётного расхода удаляемого воздуха.

Для определения расчётного расхода удаляемого из квартиры воздуха необходимо составить уравнение баланса приточного и удаляемого воздушных потоков. Воздухообмен жилых комнат $L_{ж.к}$ определяется по формуле

$$L_{ж.к} = 3 \sum F_{жил}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.1)$$

где 3 – нормативная величина вытяжки, отнесённая к 1 м² площади пола, м³/(м²·ч) (табл. 7.1);

$\sum F_{жил}$ – суммарная площадь пола жилых комнат, м².

Таблица 7.1

Количество удаляемого воздуха из помещений жилых зданий [3]

Наименование помещения	Количество удаляемого воздуха
Жилая комната	3 м ³ /ч на 1 м ² жилых комнат
Кухня в квартире:	
– с электроплитой;	60 м ³ /ч
– с газовой 2-конфорочной плитой;	60 м ³ /ч
– с газовой 3-конфорочной плитой;	75 м ³ /ч
– с газовой 4-конфорочной плитой	90 м ³ /ч
Ванная	25 м ³ /ч
Туалет	25 м ³ /ч
Совмещённый санузел	50 м ³ /ч

Воздух из жилых комнат перемещается на кухню, в туалет или ванную, где удаляется через вентиляционные каналы, поэтому должно выполняться условие

$$L_{кух} + L_{ван} + L_{туал} \geq L_{ж.к}. \quad (7.2)$$

Если условие (7.2) не выполняется, то следует увеличить расход удаляемого воздуха на необходимую величину. Для выполнения условия (7.2) увеличиваем $L_{кух}$ на необходимую величину.

Рассчитаем расход удаляемого воздуха 3-комнатной квартиры (см. рис. 1.1), расположенной на 9-м этаже (с кухней № 913). Суммарная площадь пола жилых комнат (910, 911 и 912) составляет $\Sigma F_{\text{жил}} = 14,78 + 14,78 + 10,82 = 40,38 \text{ м}^2$. Тогда расчётный воздухообмен жилых комнат составит в соответствии с (7.1):

$$L_{\text{ж.к}} = 3 \cdot 40,38 = 121 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарный расход воздуха, удаляемый из кухни, туалета и ванной, составляет

$$L_{\text{кух}} + L_{\text{ван}} + L_{\text{туал}} = 90 + 25 + 25 = 140 \text{ м}^3/\text{ч} > L_{\text{ж.к}} = 121 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Следовательно, в расчёт берём нормативные значения $L_{\text{кух}} = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$, $L_{\text{ван}} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $L_{\text{туал}} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2. Определение размеров вытяжного канала и решёток.

Требуемая площадь для прохода воздуха находится по выражению

$$f_{\text{тр}} = \frac{L}{3600 v_{\text{рек}}}, \text{ м}^2, \quad (7.3)$$

где $v_{\text{рек}}$ – рекомендуемая скорость движения воздуха, м/с. Для систем с естественным побуждением движения воздуха могут быть приняты следующие значения скоростей [1]:

– в жалюзийных решётках и вертикальных участках верхнего этажа – 0,4–0,6 м/с, при расчёте низлежащих этажей рекомендуемая скорость увеличивается на 0,1 м/с на каждом этаже, но не должна превышать 1,0 м/с;

– в сборных горизонтальных воздуховодах и вытяжных шахтах – не более 1,5 м/с.

3. Расчёт гравитационного давления.

Гравитационное давление определяется по формуле

$$P_{\text{гр}} = 0,9 g h (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{в}}), \text{ Па},$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

h – высота воздушного столба, м, для зданий с наличием только вытяжки принимается как высота от середины решётки до устья

вытяжной шахты; при наличии притока – от середины высоты помещения до устья вытяжной шахты;

ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м^3 , при температуре $t_n = 5^\circ\text{C}$ [7], определяемая по формуле (5.2);

ρ_v – плотность внутреннего воздуха при температуре t_v , кг/м^3 , рассчитываемая по (5.2).

4. Расчёт потерь давления.

Потери давления ΔP_c в вентиляционной сети находят как сумму потерь давления на трение о стенки воздуховода $\Delta P_{\text{тр}}$ и потери давления в местных сопротивлениях Z на каждом из участков (участком называется часть сети с постоянным расходом и размерами канала):

$$\Delta P_c = \sum_{i=1}^n (\Delta P_{\text{тp}i} + Z_i), \text{ Па.}$$

Потери давления на трение находят по формуле Дарси–Вейсбаха

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} = Rl, \quad (7.4)$$

где λ – коэффициент трения (Дарси);

l – длина участка, м;

d – диаметр участка, м;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 , перемещающегося в канале;

v – скорость движения воздуха на участке, м/с;

$R = \lambda P_d/d$ – удельные потери давления на трение на 1 м длины воздуховода, Па/м;

$P_d = \rho v^2/2$ – динамическое давление, Па.

Коэффициент трения λ для турбулентной области движения определяется по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68v_B}{vd} \right)^{0,25},$$

где k_s – эквивалентная шероховатость, м, для стали $k_s = 0,0001$ м, для шлакобетонных плит $k_s = 0,0015$ м, для кирпича $k_s = 0,004$ м, для штукатурки по металлической сетке $k_s = 0,01$ м;

ν_B – кинематическая вязкость воздуха, м²/с, при температуре 20 °С $\nu_B = 15,06 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

В случае прямоугольного сечения канала находят его эквивалентный диаметр, по которому и ведутся расчёты

$$d_3 = \frac{2ab}{a+b},$$

где a и b – размеры канала, м.

Зачастую при расчётах пользуются значениями $R_{\text{сталь}}$ для стальных воздухопроводов (приложение П). Тогда формула (7.4) приобретает вид

$$\Delta P_{\text{тр}} = R_{\text{сталь}} ln,$$

где n – поправочный коэффициент, зависящий от скорости движения и эквивалентной шероховатости канала (приложение Р).

Потери давления в местных сопротивлениях участка определяют по формуле Вейсбаха

$$Z = \sum \zeta \frac{\rho v^2}{2} = \sum \zeta P_d,$$

где $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Значения коэффициентов местных сопротивлений приведены в справочной литературе [13]. Значения для некоторых часто встречаемых местных сопротивлений приведены в приложении Ф, вытяжных решёток – в приложении Ц.

При расчётах следует учитывать, что значения коэффициентов местных сопротивлений относятся к участку с меньшим расходом (кроме специально оговорённых случаев).

Допустимая невязка между гравитационным давлением и потерями давления в сети не должна превышать 10 %.

7.3. Аэродинамический расчёт удаления воздуха через приставные шлакобетонные каналы

Определяем требуемую площадь каналов рассчитываемой квартиры по формуле (7.3), задавшись $v_{рек} = 0,4$ м/с:

– для кухни

$$f_{тр. кан}^{кух} = \frac{90}{3600 \cdot 0,4} = 0,063 \text{ м}^2;$$

– для санузла и ванной

$$f_{тр. кан}^{туал+ван} = \frac{25 + 25}{3600 \cdot 0,4} = 0,035 \text{ м}^2.$$

Из приложения Н принимаем в качестве приставного вытяжного канала для кухни шлакобетонный канал 220×250 мм с площадью поперечного сечения $f_{тр. кан}^{кух} = 0,055 \text{ м}^2$, для совмещённого канала ванной и санузла – канал 220×150 мм с $f_{тр. кан}^{туал+ван} = 0,033 \text{ м}^2$. Схемы каналов представлены на рис. 7.5. В этом случае с первого по пятый этаж удаляемый воздух будет поступать в расположенный на шестом этаже сборный канал, из которого воздух будет поступать в сборный горизонтальный воздуховод, расположенный на чердаке. С 6 по 9 этаж воздух будет поступать непосредственно в сборный горизонтальный воздуховод, расположенный на чердаке, из которого воздух удаляется через кирпичную шахту. Разрезы приставных каналов на 9-м этаже представлены на рис. 7.6. Площади сечения каналов на 1 – 8 этажах, площадь сборного канала и вытяжной шахты найдены по рекомендуемым скоростям.

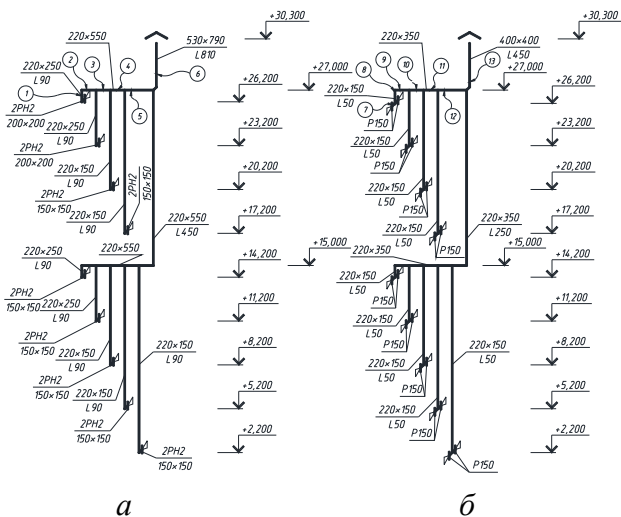


Рис. 7.5. Аксонометрическая схема вентиляционных каналов:
 1 – 9 этажей трёхкомнатной квартиры:
 а – для кухни; б – для санузлов и ванных

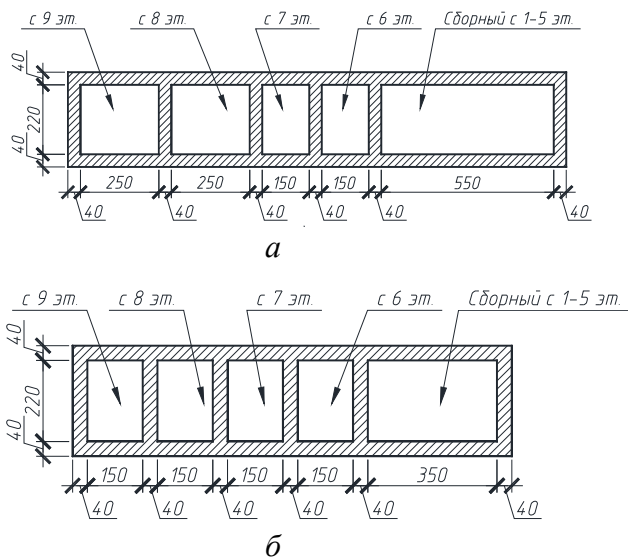


Рис. 7.6. Разрез приставных каналов на 9-м этаже:
 а – для кухни; б – для санузла и ванной

Найдём требуемую площадь вытяжных решёток, задавшись $v_{рек} = 0,4$ м/с:

– для кухни

$$f_{тр. реш}^{кух} = \frac{90}{3600 \cdot 0,4} = 0,063 \text{ м}^2;$$

– для санузла и ванной

$$f_{тр. реш}^{туал, ван} = \frac{25}{3600 \cdot 0,4} = 0,017 \text{ м}^2.$$

Примем к установке:

– на кухне – две жалюзийные решётки марки РН2 размерами 200×200 мм с площадью живого сечения $f_{реш} = 0,0293 \text{ м}^2$ каждая (располагаться решётки будут одна над другой без зазоров);

– в санузле и в ванной – по одной жалюзийной решётке марки Р150 с площадью живого сечения $f_{реш} = 0,0148 \text{ м}^2$.

Определим величину гравитационного давления. В нашем случае $h = 4,1$ м (решётки установлены на расстоянии $0,5$ м от потолка), $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_v = 1,21 \text{ кг/м}^3$.

$$P_{гр} = 0,9 \cdot 9,81 \cdot 4,1 \cdot (1,27 - 1,21) = 2,17 \text{ Па}.$$

Для удобства сведём аэродинамический расчёт в табл. 7.2 и 7.3. Номера участков, расходы указаны на рис. 7.5. Длины участков находим по плану и разрезу здания.

Таблица 7.2

Аэродинамический расчёт системы вентиляции кухни 9-го этажа

№ участка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	Размеры, мм			$v, \text{ м/с}$	$P_{\text{в}}, \text{ Па}$	$R, \text{ Па/м}$	$\Delta P_{\text{тр}}, \text{ Па}$	$\Sigma \zeta$	$Z, \text{ Па}$	$\Delta P_{\text{тр}} + Z, \text{ Па}$	$\Sigma(\Delta P_{\text{тр}} + Z), \text{ Па}$	Примечание
			a	b	$d_{\text{нов}}$									
PH2	90	—	—	—	—	0,43	0,11	—	0	1,70	0,19	0,19	$\zeta_{\text{PH2}} = 1,70$	
1	90	1,13	220	250	234	0,45	0,12	0,0201	0,023	1,49	0,18	0,20	$\zeta_{\text{кол}} = 1,19$; $\zeta_{\text{двухл}} = 0,30$	
2	90	0,29	220	550	314	0,21	0,03	0,004	0,001	2,83	0,08	0,08	$\zeta_{\text{кол}} = 1,30$; $\zeta_{\text{тр}} = 1,53$	
3	180	0,24	220	550	314	0,41	0,10	0,0118	0,003	0,72	0,07	0,07	$\zeta_{\text{тр}} = 0,72$	
4	270	0,19	220	550	314	0,62	0,23	0,0255	0,005	0,50	0,12	0,13	$\zeta_{\text{тр}} = 0,50$	
5	360	0,70	220	550	314	0,83	0,41	0,0439	0,031	1,00	0,41	0,44	$\zeta_{\text{тр}} = 0,68$; $\zeta_{\text{двухл}} = 0,32$	
6	810	2,50	530	530	530	0,80	0,38	0,0249	0,062	2,50	0,95	1,01	$\zeta_{\text{кол}} = 1,20$; $\zeta_{\text{тр}} = 1,30$	

Таблица 7.3

Аэродинамический расчёт системы вентиляции санузла и ванной 9-го этажа

№ участка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	Размеры, мм			$F_{\text{от}}, \text{ м}^2$	$v, \text{ м/с}$	$P_{\text{в}}, \text{ Па}$	$R, \text{ Па/м}$	$\Delta P_{\text{тр}}, \text{ Па}$	$\Sigma \zeta$	$Z, \text{ Па}$	$\Delta P_{\text{тр}} + Z, \text{ Па}$	$\Sigma(\Delta P_{\text{тр}} + Z), \text{ Па}$	Примечание
			a	b	$d_{\text{нов}}$										
PH50	25	—	—	—	—	0,0148	0,47	0,13	—	0	2,00	0,26	0,26	$\zeta_{\text{PH50}} = 2,00$	
7	50	1,13	220	150	178	0,033	0,42	0,11	0,0262	0,03	1,00	0,14	0,40	$\zeta_{\text{тр}} = 1,00$	
8	50	1,13	220	150	178	0,033	0,42	0,11	0,0262	0,03	0,33	0,04	0,47	$\zeta_{\text{двухл}} = 0,33$	
9	50	0,19	220	350	270	0,077	0,18	0,02	0,0033	0,001	2,82	0,06	0,53	$\zeta_{\text{кол}} = 1,26$; $\zeta_{\text{тр}} = 1,56$	
10	100	0,19	220	350	270	0,077	0,36	0,08	0,0116	0,002	0,72	0,06	0,59	$\zeta_{\text{тр}} = 0,71$	
11	150	0,19	220	350	270	0,077	0,54	0,17	0,0232	0,004	0,50	0,09	0,68	$\zeta_{\text{тр}} = 0,50$	
12	200	0,60	220	350	270	0,077	0,72	0,31	0,0407	0,024	0,95	0,29	0,99	$\zeta_{\text{тр}} = 0,68$; $\zeta_{\text{двухл}} = 0,27$	
13	450	2,50	400	400	400	0,160	0,78	0,37	0,0345	0,086	2,50	0,93	2,01	$\zeta_{\text{кол}} = 1,20$; $\zeta_{\text{тр}} = 1,30$	

Нахождение коэффициентов местных сопротивлений по участкам будет рассмотрено ниже.

Система вентиляции кухонь

Решётка РН2 200 × 200. Коэффициент местного сопротивления из приложения Ц равен $\zeta_{PH2} = 1,7$.

Участок 1. На данном участке имеются прямоугольное колено размерами 220 × 250 мм и внезапное расширение.

Из приложения Ф находим, что коэффициент местного сопротивления колена составляет $\zeta_{кол} = 1,2c$. При отношении

$$a/b = 250/220 = 1,14$$

коэффициент составляет $c = 0,99$. В этом случае

$$\zeta_{кол} = 1,2 \cdot 0,99 = 1,19.$$

Для внезапного расширения коэффициент местного сопротивления при площади до расширения $f = 0,055 \text{ м}^2$, после – $F = 0,121 \text{ м}^2$ составит

$$\zeta_{расш} = (1 - 0,055/0,121)^2 = 0,30.$$

Участок 2. Местные сопротивления: прямоугольное колено размерами 220 × 550 мм и тройник на проход.

Колено. При отношении

$$a/b = 220/550 = 0,4$$

коэффициент составляет $c = 1,08$. Тогда

$$\zeta_{кол} = 1,2 \cdot 1,08 = 1,30.$$

Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 90/180 = 0,5,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,055/0,121 = 0,45.$$

В соответствии с приложением Ф коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 1,53$.

Участок 3. Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 90/270 = 0,33,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,055/0,121 = 0,45.$$

Тогда коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 0,72$.

Участок 4. Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 90/360 = 0,25,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,055/0,121 = 0,45.$$

В соответствии с приложением С коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 0,5$.

Участок 5. На данном участке имеются прямоугольный тройник и внезапное расширение.

Тройник прямоугольный на ответвление. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 360/810 = 0,44,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,121/0,121 = 1,0.$$

В этом случае коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 0,68$.

Внезапное расширение. Площадь до расширения $f = 0,121 \text{ м}^2$, после – $F = 0,28 \text{ м}^2$. В этом случае

$$\zeta_{расш} = (1 - 0,121/0,28)^2 = 0,32.$$

Участок 6 – вытяжная шахта из кирпича ($k_3 = 0,004$ м). На данном участке имеется прямоугольное колено размерами 530×530 мм и вытяжной зонт.

Колено. Для прямоугольного квадратного колена $\zeta_{\text{кол}} = 1,2$.

Вытяжной зонт квадратного сечения. Коэффициент местного сопротивления составляет $\zeta_3 = 1,3$.

Система вентиляции санузла и ванной

Решётка P150. Коэффициент местного сопротивления из приложения Ц равен $\zeta_{P150} = 2$.

Участок 7. Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 25/50 = 0,50,$$

отношение площадей отверстий под решётки (каждое размерами 150×150 мм)

$$F_o/F_n = 0,04/0,04 = 1,0.$$

Коэффициент местного сопротивления тройника составит $\zeta_{\text{тр}} = 1,0$.

Участок 8. На данном участке имеется внезапное расширение.

Для внезапного расширения коэффициент местного сопротивления при площади до расширения $f = 0,033$ м², после – $F = 0,077$ м² составит

$$\zeta_{\text{расш}} = (1 - 0,033/0,077)^2 = 0,33.$$

Участок 9. Местные сопротивления: прямоугольное колено размерами 220×350 мм и тройник на проход.

Колено. При отношении

$$a/b = 220/350 = 0,63$$

коэффициент составляет $c = 1,05$. Тогда

$$\zeta_{\text{кол}} = 1,2 \cdot 1,05 = 1,26.$$

Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 50/100 = 0,5,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,033/0,077 = 0,43.$$

Коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 1,56$.

Участок 10. Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 50/150 = 0,33,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,033/0,077 = 0,43.$$

Коэффициент местного сопротивления тройника составит $\zeta_{тр} = 0,71$.

Участок 11. Тройник прямоугольный на проход. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 50/200 = 0,25,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,033/0,077 = 0,43.$$

Коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 0,5$.

Участок 12. На данном участке имеются прямоугольный тройник и внезапное расширение.

Тройник прямоугольный на ответвление. Отношение расходов

$$L_o/L_c = 200/450 = 0,44,$$

отношение площадей

$$F_o/F_n = 0,077/0,77 = 1,0.$$

Коэффициент местного сопротивления тройника $\zeta_{тр} = 0,68$.

Внезапное расширение. Площадь до расширения $f = 0,077 \text{ м}^2$, после – $F = 0,16 \text{ м}^2$. В этом случае

$$\zeta_{\text{расш}} = (1 - 0,077/0,16)^2 = 0,27.$$

Участок 13 – вытяжная шахта из кирпича ($k_s = 0,004 \text{ м}$). На данном участке имеется прямоугольное колено размерами $400 \times 400 \text{ мм}$ и вытяжной зонт.

Колено. Для квадратного колена $\zeta_{\text{кол}} = 1,2$.

Вытяжной зонт квадратного сечения. Коэффициент местного сопротивления составляет $\zeta_3 = 1,3$.

Находим невязку между гравитационным давлением и суммарными потерями давления в сети

$$\sigma = \frac{P_{\text{гр}} - \Delta P_c}{P_{\text{гр}}} \cdot 100 \%. \quad (7.5)$$

Невязка для вентиляционной системы кухни составит

$$\sigma = \frac{2,17 - 2,12}{2,17} \cdot 100 \% = 2,3 \% < 10 \%.$$

Для вентиляционной системы санузла и ванной:

$$\sigma = \frac{2,17 - 2,01}{2,17} \cdot 100 \% = 7,4 \% < 10 \%.$$

Так как невязка в обоих случаях получилась менее 10 %, то расчёт окончен. Если невязка составляет более 10 %, следует изменить сечение каналов и добиться увеличения или уменьшения потерь давления. В случае превышения потерь давления над гравитационным давлением, необходима установка дефлектора для увеличения располагаемого давления.

7.4. Аэродинамический расчёт удаления воздуха через унифицированные вентиляционные блоки

Произведём аэродинамический расчёт той же квартиры, что и в предыдущем примере. Для плана, изображённого на рис. 7.7, согласно приложению С выберем типовые схемы вентиляции для унифицированных вентиляционных блоков и вычертим аксонометрию вытяжных систем (см. рис. 7.8).

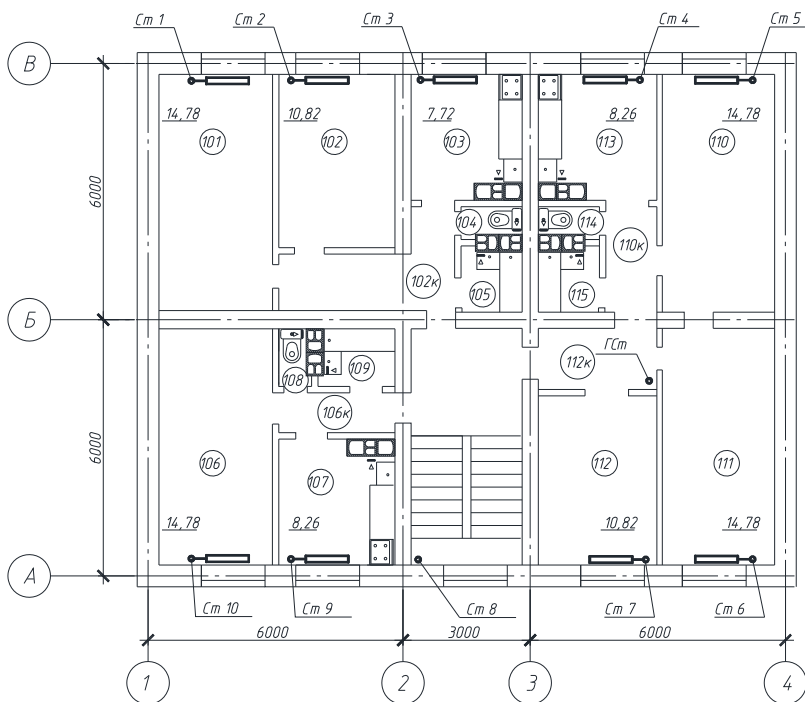


Рис. 7.7. План типового этажа с верхней разводкой трубопроводов и приставными унифицированными вентиляционными блоками

Для удобства сведём аэродинамический расчёт в табл. 7.4, 7.5 и 7.6. Номера участков, расходы указаны на рис. 7.8. Длины участков находим по плану и разрезу здания.

Аэродинамический расчёт системы вентиляции кухни 9-го этажа

№ участка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	Размеры, мм		$F_{\text{об}}, \text{ м}^2$	$v, \text{ м/с}$	$P_{\text{в}}, \text{ Па}$	$R, \text{ Па/м}$	$\Delta P_{\text{пр}}, \text{ Па}$	$\Sigma \zeta$	$Z, \text{ Па}$	$\Delta P_{\text{пр}} + Z, \text{ Па}$	$\Sigma(\Delta P_{\text{пр}} + Z), \text{ Па}$	Примечание
			a	b										
РС6	90	—	—	$d_{\text{крб}}$	0,0327	0,76	0,35	—	0	1,7	0,60	0,60	0,60	$\zeta_{\text{РС6}} = 1,70$
1	90	3,98	—	190	0,032	0,78	0,37	0,1058	0,421	2,69	1,00	1,42	2,02	$\zeta_{\text{кол.90}^\circ} = 1,26;$ $2\zeta_{\text{кол.20}^\circ} = 0,14;$ $\zeta_{\text{свчлх}} = 1,15$

Таблица 7.5

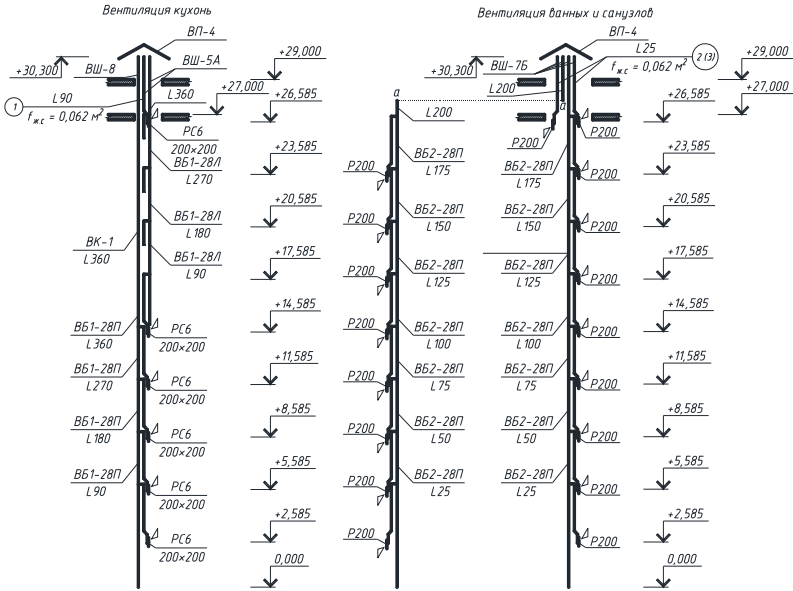
Аэродинамический расчёт системы вентиляции санузла 9-го этажа

№ участка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	Размеры, мм		$F_{\text{об}}, \text{ м}^2$	$v, \text{ м/с}$	$P_{\text{в}}, \text{ Па}$	$R, \text{ Па/м}$	$\Delta P_{\text{пр}}, \text{ Па}$	$\Sigma \zeta$	$Z, \text{ Па}$	$\Delta P_{\text{пр}} + Z, \text{ Па}$	$\Sigma(\Delta P_{\text{пр}} + Z), \text{ Па}$	Примечание
			a	b										
Р200	25	—	—	$d_{\text{крб}}$	0,0264	0,26	0,04	—	0	1,7	0,07	0,07	0,07	$\zeta_{\text{Р200}} = 2,00$
2	25	3,98	—	190	0,032	0,22	0,03	0,0092	0,037	2,69	0,08	0,12	0,19	$\zeta_{\text{кол.90}^\circ} = 1,26;$ $2\zeta_{\text{кол.20}^\circ} = 0,14;$ $\zeta_{\text{свчлх}} = 1,15$

Таблица 7.6

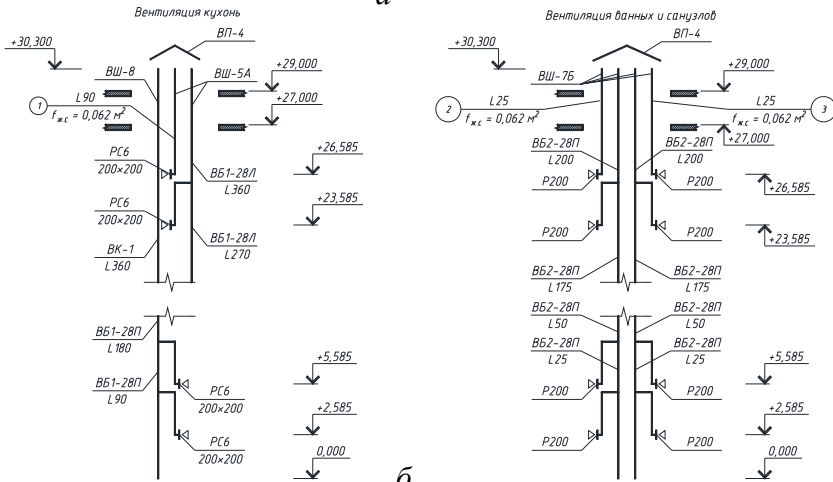
Аэродинамический расчёт системы вентиляции ванной 9-го этажа

№ участка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	Размеры, мм		$F_{\text{об}}, \text{ м}^2$	$v, \text{ м/с}$	$P_{\text{в}}, \text{ Па}$	$R, \text{ Па/м}$	$\Delta P_{\text{пр}}, \text{ Па}$	$\Sigma \zeta$	$Z, \text{ Па}$	$\Delta P_{\text{пр}} + Z, \text{ Па}$	$\Sigma(\Delta P_{\text{пр}} + Z), \text{ Па}$	Примечание
			a	b										
Р200	25	—	—	$d_{\text{крб}}$	0,0264	0,26	0,04	—	0	1,7	0,07	0,07	0,07	$\zeta_{\text{Р200}} = 2,00$
3	25	3,98	—	190	0,032	0,22	0,03	0,0092	0,037	2,69	0,08	0,12	0,19	$\zeta_{\text{кол.90}^\circ} = 1,26;$ $2\zeta_{\text{кол.20}^\circ} = 0,14;$ $\zeta_{\text{свчлх}} = 1,15$



Примечание - на аксонометрической схеме вентиляция кухни для этажей 6-8 решетки не показаны, а каналы-спутники показаны условно

а



б

Рис. 7.8. Аксонометрическая (а) и плоская (б) схема вентиляционных систем из унифицированных вентиляционных блоков

Рассмотрим нахождение коэффициентов местных сопротивлений по участкам.

Система вентиляции кухонь

Решётка РС6 200 × 200. Коэффициент местного сопротивления из приложения Ц $\zeta_{РС6} = 1,7$.

Участок 1. На данном участке имеются следующие местные сопротивления: прямоугольное колено размерами 152 × 230 мм, два колена под углом 20° размерами 152 × 230 мм и выпуск вытяжного воздуха в атмосферу.

Из приложения Ф находим, что коэффициент местного сопротивления колена составляет $\zeta_{\text{кол.}90^\circ} = 1,2c$. При отношении

$$a/b = 152/230 = 0,66$$

коэффициент составляет $c = 1,05$. В этом случае

$$\zeta_{\text{кол.}90^\circ} = 1,2 \cdot 1,05 = 1,26.$$

Для колена под углом 20° аналогично находим

$$\zeta_{\text{кол.}20^\circ} = 0,13c = 0,13 \cdot 1,05 = 0,14.$$

Для выпуска $\zeta_{\text{вых}} = 1,15$.

Система вентиляции санузла и ванной

Решётка P200. Коэффициент местного сопротивления из приложения Ц равен $\zeta_{P200} = 2,0$.

Участок 2 (для ванной – участок 3). На данном участке имеются следующие местные сопротивления: прямоугольное колено размерами 152 × 230 мм, два колена под углом 20° размерами 152 × 230 мм и выпуск вытяжного воздуха в атмосферу.

Из приложения Ф находим, что коэффициент местного сопротивления колена составляет $\zeta_{\text{кол.}90^\circ} = 1,2c$. При отношении

$$a/b = 152/230 = 0,66$$

коэффициент составляет $c = 1,05$. В этом случае

$$\zeta_{\text{кол.90}^\circ} = 1,2 \cdot 1,05 = 1,26.$$

Для колена под углом 20° аналогично находим

$$\zeta_{\text{кол.20}^\circ} = 0,13c = 0,13 \cdot 1,05 = 0,14.$$

Для выпуска $\zeta_{\text{вых}} = 1,15$.

Невязка для вентиляционной системы кухни, определяемая по формуле (7.5), при $P_{\text{гр}} = 2,17$ Па составит

$$\sigma = \frac{2,17 - 2,02}{2,17} \cdot 100 \% = 6,9 \% < 10 \%.$$

Для вентиляционной системы санузла и ванной

$$\sigma = \frac{2,17 - 0,19}{2,17} \cdot 100 \% = 91,2 \% > 10 \%.$$

В данном случае невязка для системы вытяжной вентиляции кухни получилась менее 10 %, а для системы вентиляции санузла и ванной получилась намного больше 10 %. В этом случае необходимо произвести регулировку «живого» сечения вытяжных решёток в санузле и в ванной с целью увеличения их аэродинамического сопротивления.

В курсовой работе по согласованию с руководителем возможен вариант использования нетиповых вентблоков. В данном случае студенту необходимо самостоятельно выбрать размер канала для удаления воздуха из помещений рассматриваемой квартиры.

8. Состав графической части работы

Графическая часть курсовой работы выполняется в соответствии с [17, 18] и включает в себя:

1) графики тепловлажностного режима наружной стены (выполняются согласно указанным в разделе 3 правилам);

2) планы типового этажа, подвала и чердака (выполняются в масштабе 1:100);

3) аксонометрические схемы системы отопления и вентиляционных каналов (выполняются во фронтальной изометрической проекции в масштабе 1 : 100 или 1 : 200).

На планах типового этажа, подвала и чердака указывают:

1) трубопроводы системы отопления (магистралы, стояки и подводы к отопительным приборам) с буквенно-цифровым обозначением, например, подающий трубопровод Т11, обратный – Т21, главный стояк – ГСт, стояк – Ст1, Ст2;

2) отопительные приборы;

3) на плане подвала условно показывают тепловой пункт с вводом теплосети;

4) вентиляционные каналы, решётки, сборные воздухопроводы, вытяжные шахты и их размеры.

На аксонометрической схеме системы отопления указывается:

1) число секций отопительных приборов, расходы и диаметры рассчитанных участков;

2) буквенно-цифровое обозначение трубопроводов;

3) уклоны трубопроводов;

4) устройства для выпуска воздуха из системы отопления.

На аксонометрической схеме системы вентиляции указывают:

1) расходы воздуха на участках и размеры воздухопроводов (для круглых – диаметр, для прямоугольных – ширина и высота в мм), например, L90, Ø200, 220 × 150;

2) отметки оси круглых и низа прямоугольных воздухопроводов, устья вытяжной шахты и середины установленных решёток.

Обозначения некоторых элементов санитарно-технических систем приведены в приложении Ш.

Примеры выполнения чертежей для проектируемого здания приведены на рис. 6.2, 7.7, 8.1–8.8. Аксонометрические схемы систем вентиляции приведены на рис. 7.4 и рис. 7.8.

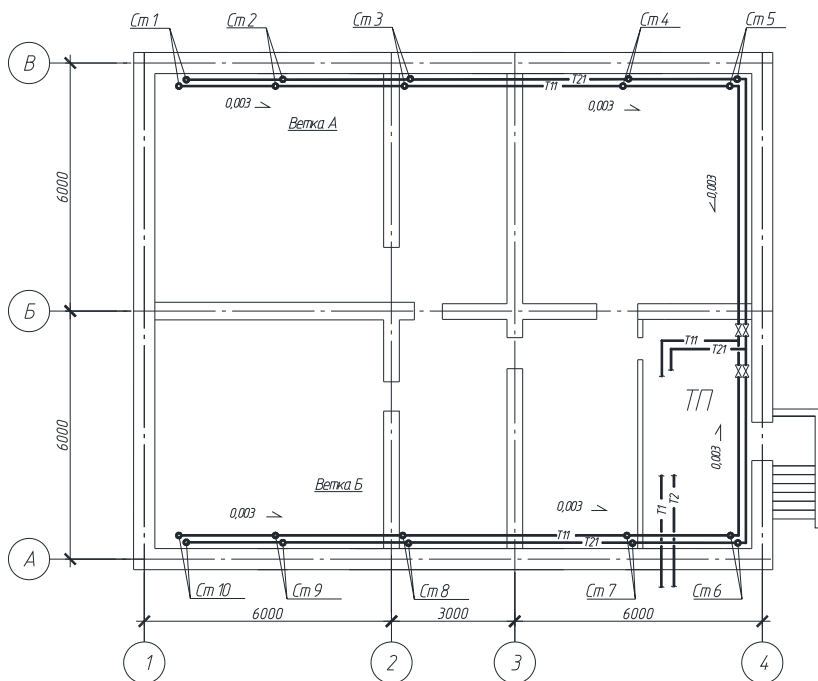


Рис. 8.1. План подвала с нижней разводкой трубопроводов

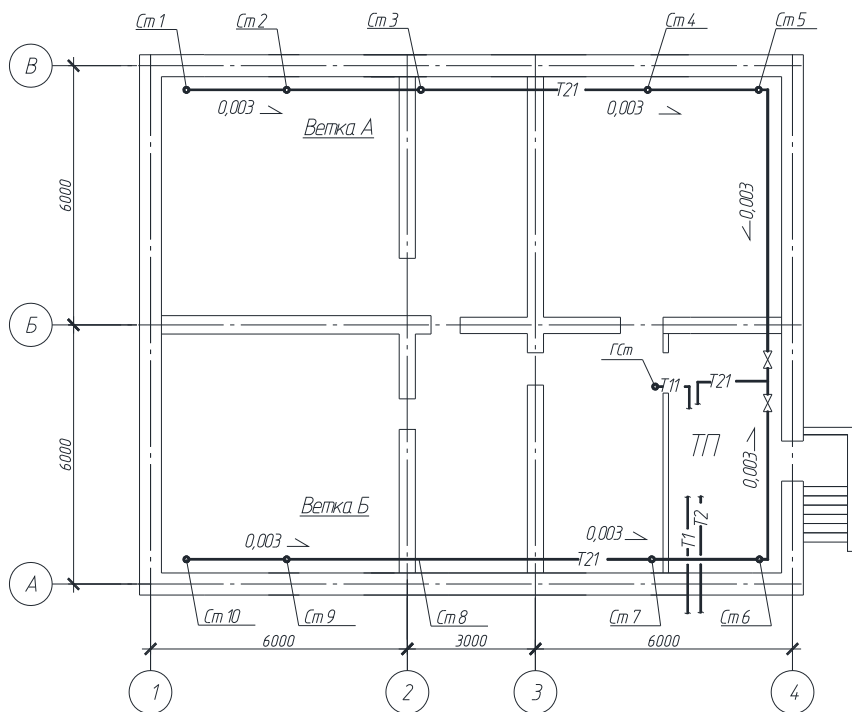


Рис. 8.2. План подвала с верхней разводкой трубопроводов

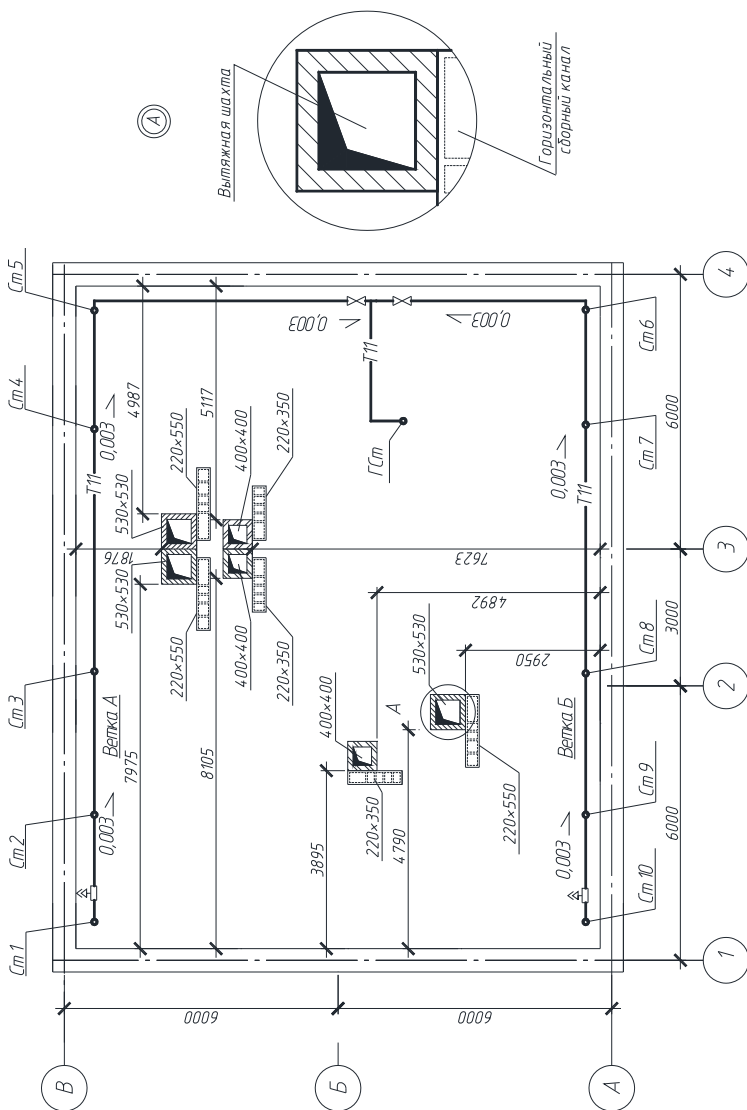


Рис. 8.3. План чердака с приставными шлакобетонными вентиляционными каналами и верхней разводкой трубопроводов

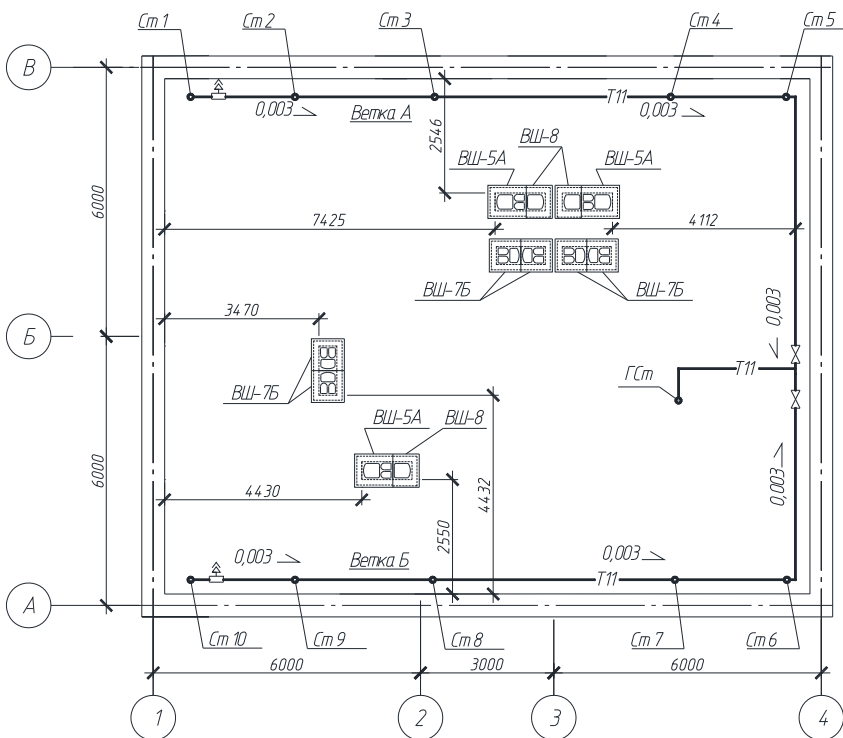


Рис. 8.4. План чердака с приставными унифицированными вентиляционными блоками и верхней разводкой трубопроводов

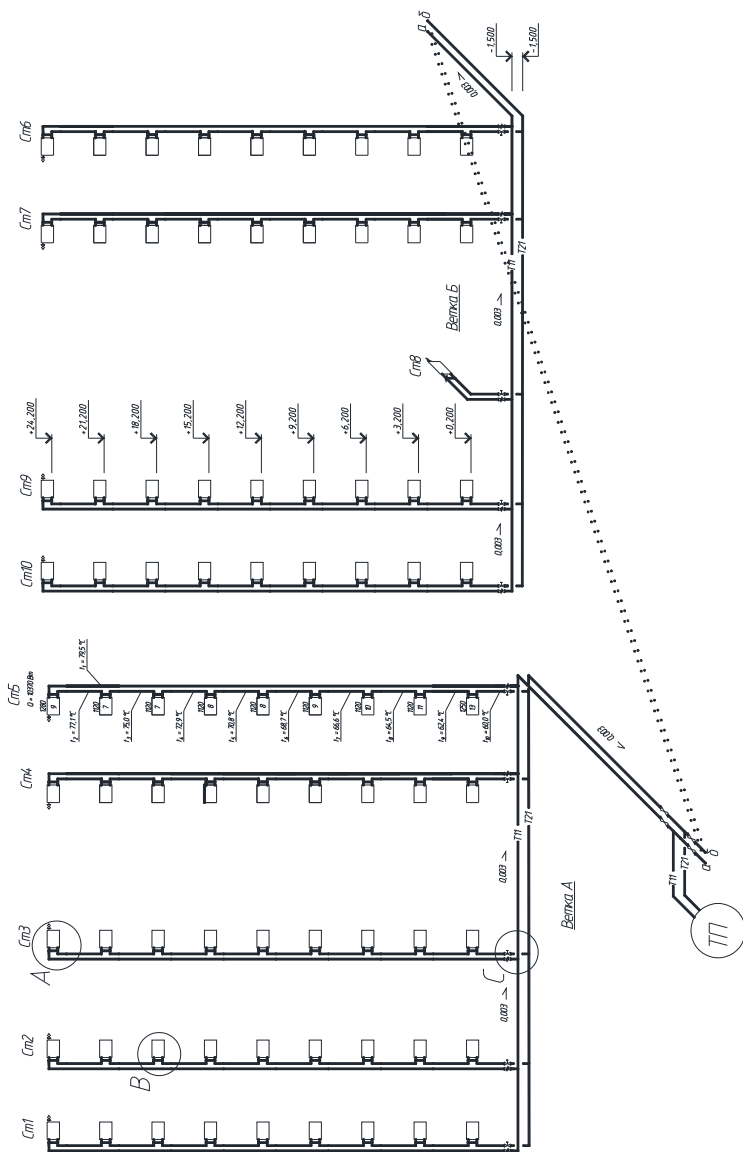


Рис. 8.5. Аксонометрическая схема системы отопления с нижней разводкой

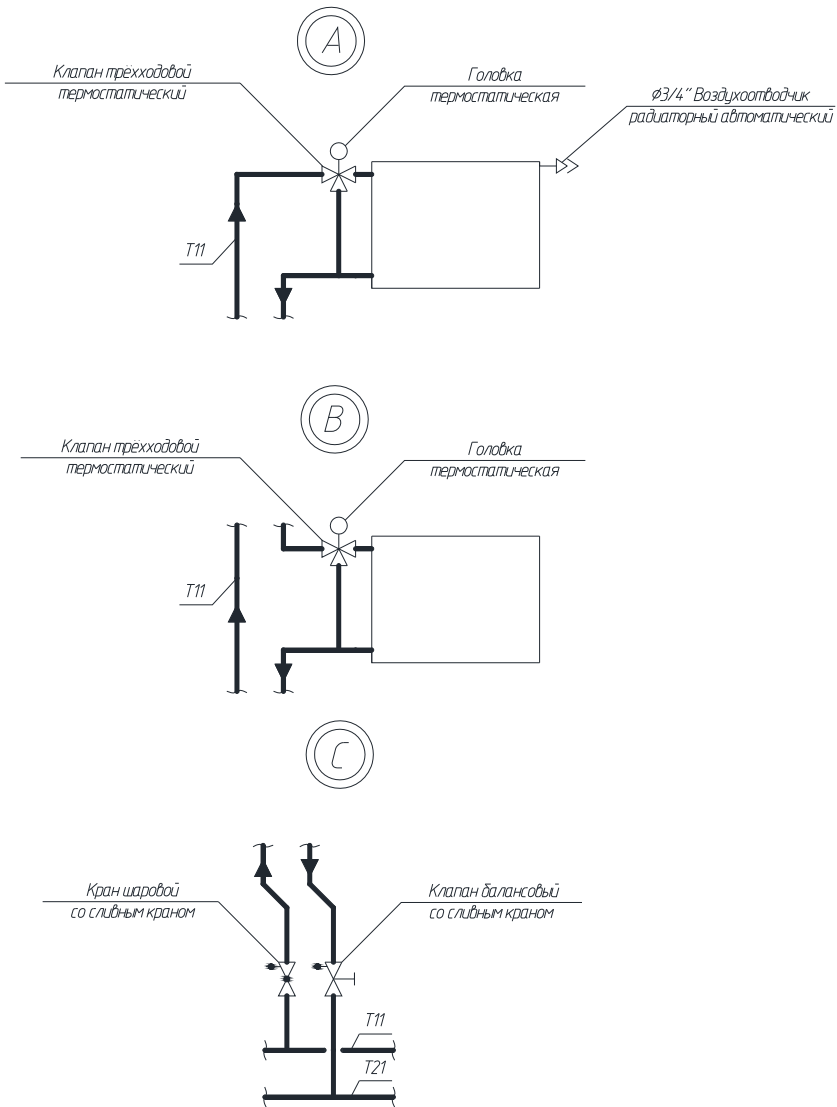


Рис. 8.6. Схемы узлов «А», «В» и «С» системы отопления с нижней разводкой

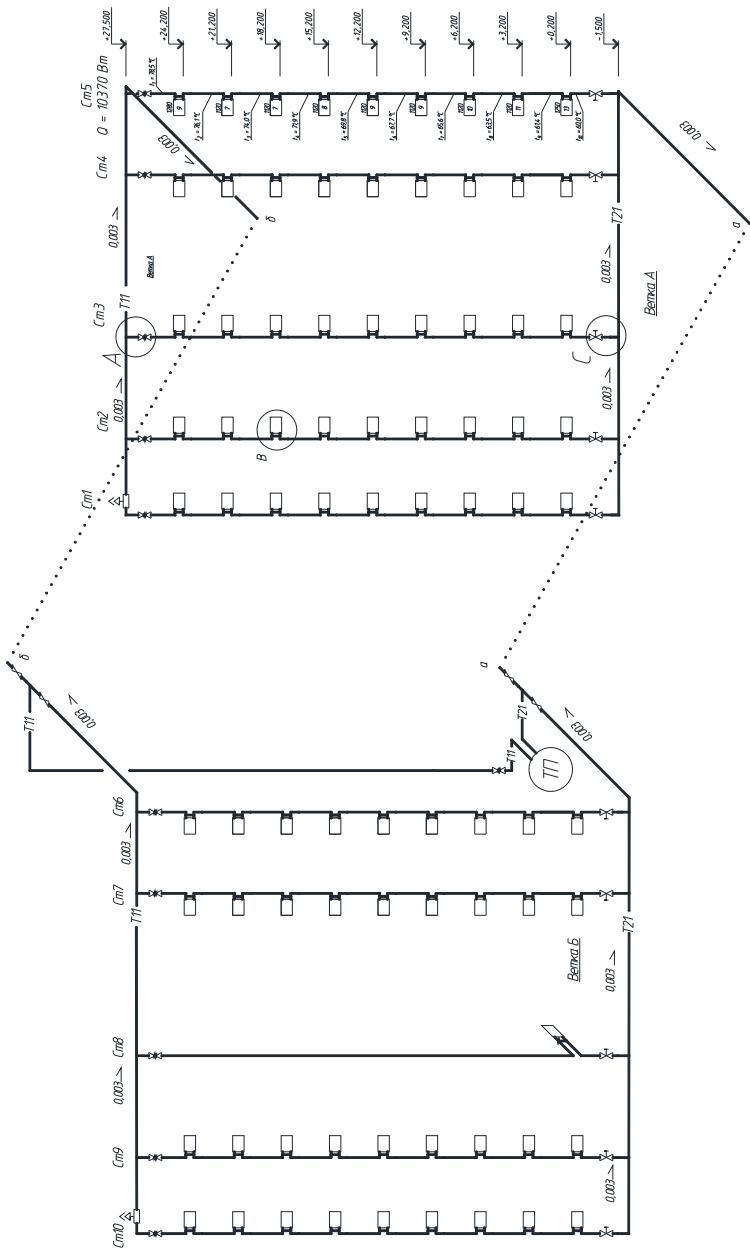


Рис. 8.7. Аксонометрическая схема системы отопления с верхней разводкой

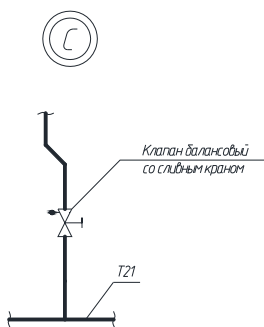
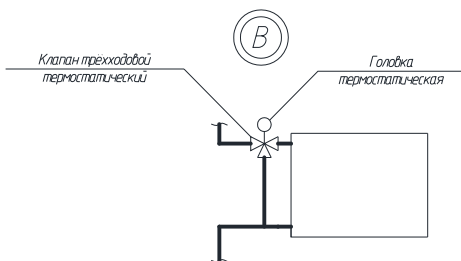
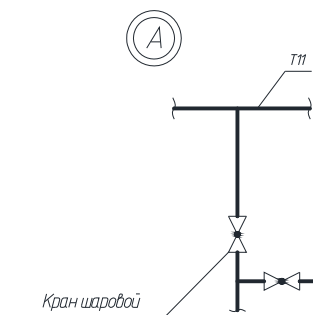


Рис. 8.8. Схемы узлов «А», «В» и «С» системы отопления с верхней разводкой

Список использованных источников

1. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталёв [и др.] ; под общ. ред. Б. М. Хрусталёва. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.
2. Тихомиров, К. В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция / К. В. Тихомиров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 272 с.
3. Жилые здания : СНБ 3.02.04–2003. – Введ. 01.01.04. – Минск : М-во строительства и архитектуры Респ. Беларусь, 2004. – 25 с.
4. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : ГОСТ 30494–96. – Введ. 01.01.99. – Минск : М-во строительства и архитектуры Респ. Беларусь, 2007. – 13 с.
5. Строительная климатология : Изменение № 1 СНБ 2.04.02–2000. – Введ. 01.07.07. – Минск : М-во строительства и архитектуры Респ. Беларусь, 2007. – 35 с.
6. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-43–2006* (02250). – Введ. 01.07.07. – Минск : М-во строительства и архитектуры Респ. Беларусь, 2014. – 47 с.
7. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : СНБ 4.02.01–2003. – Введ. 01.01.05. – Минск : М-во строительства и архитектуры Респ. Беларусь, 2004. – 81 с.
8. Нагрузки и воздействия : СНиП 2.01.07–85. – Введ. 01.01.87. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 37 с.
9. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин ; под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., исправленное. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
10. Строительная теплофизика : методические указания к курсовой работе для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / сост. А. С. Шибeko. – Минск : БНТУ, 2012. – 64 с.
11. Справочник по расчётам гидравлических и вентиляционных систем / А. С. Юрьев [и др.] ; под ред. А. С. Юрьева. – СПб. : АНО НПО «Мир и семья», 2001. – 1154 с.
12. Внутренние санитарно-гигиенические устройства : в 3 ч. / В. Н. Богословский [и др.] ; под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – М. : Стройиздат, 1992. – Ч. 1 : Отопление. – 344 с.

13. Внутренние санитарно-гигиенические устройства : в 3 ч. / В. Н. Богословский [и др.] ; под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – М. : Стройиздат, 1992. – Ч. 3, кн. 2 : Вентиляция и кондиционирование воздуха. – 416 с.

14. Чугунные секционные отопительные радиаторы [Электронный ресурс] / Минский завод отопительного оборудования . – 2014. – Режим доступа : <http://www.radiator.by/ru/goods/radiator/index.html>. – Дата доступа : 02.03.2014.

15. Унифицированные железобетонные вентиляционные блоки. Для зданий до 16 этажей с различными конструктивными схемами : серия Б1.134-7 / АП «Белпроект». – Минск : Белпроект, 1995. – Вып. 1. – 53 с.

16. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам : ГОСТ 2.105–95. – Введ. 01.07.96. – Минск : МНТКС, 1996. – 40 с.

17. Система проектной документации строительства. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : ГОСТ 21.602–79. – Введ. 01.01.81. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 18 с.

18. Система проектной документации строительства. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем : ГОСТ 21.205–93. – Введ. 01.07.94. – Минск : Минсктиппроект, 1994. – 23 с.

19. Покотиллов, В. В. Системы водяного отопления / В. В. Покотиллов. – Вена : HERZ Armaturen, 2011. – 160 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Климатические параметры холодного периода года [5]

Населённый пункт	Температура наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 $t_{х.5с}$, °С	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь повторяемостью 16 % и более $v_{ср}$, м/с	Средняя температура за отопительный период $t_{н.от}$, °С, при среднесуточной температуре начала отопительного периода 8 °С	Средняя относительная влажность за отопительный период $\phi_{н.от}$, %
	0,98 $t_{х.с}^{0,98}$	0,92 $t_{х.с}^{0,92}$				
Брестская область						
Барановичи	-30	-26	-22	4,8	-0,5	85
Брест	-30	-25	-21	3,4	+0,6	83
Высокое	-	-	-	-	+0,4	84
Ганцевичи	-	-	-	-	-0,3	83
Пинск	-30	-25	-21	4,4	0,0	83
Полесский	-	-	-	-	-0,2	83
Пружаны	-31	-27	-22	3,3	+0,1	85
Витебская область						
Верхнедвинск	-35	-30	-25	3,7	-1,0	84
Витебск	-36	-31	-25	4,2	-1,5	83
Докшицы	-	-	-	-	-1,1	83
Езерище	-	-	-	-	-1,5	82
Лепель	-34	-30	-24	3,1	-1,1	83
Лынтупы	-	-	-	-	-0,8	85
Орша	-	-	-	-	-1,5	84
Полоцк	-35	-30	-25	3,8	-1,1	83
Сенно	-	-	-	-	-1,2	83
Шарковщина	-35	-30	-24	4,3	-1,0	84

Продолжение прил. А

Населённый пункт	Температура наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 $t_{х,5с}$, °С	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь повторяемость 16 % и более $v_{ср}$, м/с	Средняя температура за отопительный период $t_{н,отб}$, °С, при среднесуточной температуре начала отопительного периода 8 °С	Средняя относительная влажность за отопительный период $\phi_{н,отб}$, %
	0,98 $t_{х,с}^{0,98}$	0,92 $t_{х,с}^{0,92}$				
Гомельская область						
Брагин	-30	-27	-22	4,6	-0,8	84
Василевичи	-30	-27	-23	3,3	-0,7	82
Гомель	-32	-28	-24	3,9	-1,0	82
Житковичи	-30	-27	-22	3,2	-0,3	81
Жлобин	-32	-28	-24	3,1	-0,9	83
Лельчицы	-	-	-	-	-0,3	82
Мозырь	-	-	-	-	-0,7	82
Октябрь	-	-	-	-	-0,7	83
Чечерск	-	-	-	-	-1,3	83
Гродненская область						
Волковыск	-31	-26	-21	4,6	+0,1	83
Гродно	-31	-26	-22	5,7	+0,1	85
Гродненская область						
Лида	-31	-26	-22	4,0	-0,3	84
Новогрудок	-30	-26	-21	5,8	-0,7	86
Ошмяны	-	-	-	-	-0,7	85
Минская область						
Березино	-	-	-	-	-1,0	84
Борисов	-33	-29	-24	3,6	-1,0	84
Вилейка	-32	-28	-24	3,8	-0,8	84
Воложин	-	-	-	-	-0,8	84
Марьина Горка	-32	-28	-24	4,2	-0,9	85
Минск	-33	-28	-24	3,1	-0,9	83
Слуцк	-	-	-	-	-0,7	84
Столбцы	-	-	-	-	-0,6	84

Населённый пункт	Температура наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 $t_{х,5с}$, °С	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь повторяемостью 16 % и более $v_{ср}$, м/с	Средняя температура за отопительный период $t_{н,отб}$, °С, при среднесуточной температуре начала отопительного периода 8 °С	Средняя относительная влажность за отопительный период $\phi_{н,отб}$, %
	0,98 $t_{х,с}$	0,92 $t_{х,с}$				
Могилёвская область						
Бобруйск	-32	-28	-23	4,4	-0,9	83
Горки	-35	-30	-26	4,9	-1,8	85
Кличев	–	–	–	–	-1,1	83
Костюковичи	–	–	–	–	-1,6	84
Могилёв	-34	-29	-24	5,1	-1,5	84
Славгород	-33	-29	-24	4,4	-1,4	83

Примечания.

1. Для населённых пунктов, не указанных в таблице, параметры наружного воздуха принимаются по ближайшему населённому пункту, указанному в таблице.
2. Прочерк означает отсутствие данных в [5]. Параметры воздуха принимаются по ближайшему городу, приведённому в таблице.

Теплофизические характеристики некоторых строительных материалов [6]

Материал	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Расчётные коэффициенты (при условиях эксплуатации)					
		теплопроводности λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°С) (при периоде колебаний $T = 24$ ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	
		А	Б	А	Б		А, Б
I. Бетоны							
Железобетон	2500	1,92	2,04	17,98	19,70	0,03	
Аглопоритобетон	1800	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075	
	1800	0,80	0,92	10,50	12,33	0,09	
Керамзитобетон	1400	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098	
II. Кладка							
Глиняного обыкновенного	1800	0,70	0,81	9,20	10,12	0,11	
	1900	1,18	1,40	10,38	11,52	0,09	
Силикатного	1700	0,87	1,07	9,16	10,29	0,115	
	1600	0,69	0,81	8,59	9,79	0,12	
Керамического плотностью 1400 кг/м ³	1600	0,63	0,78	7,91	8,48	0,14	
Камней керамических 18-целевых плотностью 1600 кг/м ³	1700	0,575	0,630	8,72	9,58	0,15	
Кирпича силикатного утолщённого	1600	1,03	1,28	8,83	9,91	0,12	
Камней силикатных	1400	0,79	0,93	7,93	9,01	0,14	
III. Растворы							
Цементно-песчаный раствор	1800	0,76	0,93	9,60	11,09	0,09	
Сложный раствор	1700	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098	
Штукатурка из гипса	1000	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11	

Продолжение прил. Б

Материал	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Расчётные коэффициенты (при условиях эксплуатации)					паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)	
		теплопроводности λ_s , Вт/(м·°С)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°С)		А		Б
		А	Б	А	Б			
IV. Теплоизоляционные материалы								
А. Минеральная вата								
Маты минераловатные прошивные	125	0,046	0,051	0,60	0,66		0,56	
	100	0,045	0,048	0,53	0,57		0,58	
	75	0,043	0,046	0,45	0,48		0,59	
	50	0,042	0,045	0,36	0,39		0,61	
	250	0,061	0,069	0,98	1,08		0,45	
	200	0,057	0,064	0,85	0,93		0,49	
	175	0,053	0,059	0,76	0,83		0,51	
Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на синтетическом связующем	125	0,050	0,054	0,63	0,67		0,53	
	75	0,047	0,051	0,47	0,51		0,57	
Б. Пенополистирол								
Плиты пенополистирольные	50	0,043	0,052	0,46	0,55		0,05	
	35	0,041	0,050	0,40	0,48		0,05	
	25	0,043	0,052	0,33	0,39		0,05	
	15	0,045	0,054	0,25	0,30		0,05	
	35	0,029	0,031	0,36	0,40		0,018	
Плиты из экструзионного пенополистирола «ПЕНОПЛЭКС»	45	0,030	0,032	0,37	0,42		0,015	
	В. Пенополиуретан							
	80	0,05	0,05	0,67	0,70		0,05	
Плиты пенополиуретановые	60	0,041	0,041	0,53	0,55		0,05	
	40	0,04	0,04	0,40	0,40		0,05	

Материал	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Расчётные коэффициенты (при условиях эксплуатации)					
		теплопроводности λ_s , Вт/(м·°С)		теплоусвоения s , Вт/(м ² ·°С) (при периоде колебаний $T = 24$ ч)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	
		А	Б	А	Б		А, Б
Г. Полистиролбетон							
Плиты полистиролбетонные теплоизоляционные	300	0,092	0,10	1,42	1,56	0,08	
	260	0,082	0,09	1,25	1,38	0,085	
	230	0,075	0,085	1,12	1,26	0,085	
В. Древесина							
Сосна и ель поперёк волокон	500	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06	
Дуб поперёк волокон	700	0,18	0,23	5,00	5,86	0,05	
Плиты древесноволокнистые	1000	0,23	0,29	6,75	7,70	0,12	
	800	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12	
	200	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Максимальное парциальное давление водяного пара влажного воздуха

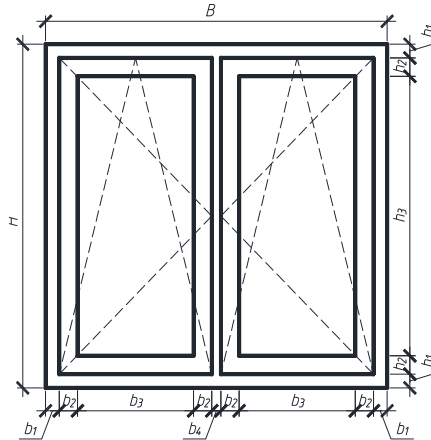
Температура воздуха t , °С	Максимальное парциальное давление E , Па, над льдом (при $t < 0$ °С) и над водой (при $t > 0$ °С)									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-25	63,3	62,7	62,0	61,4	60,8	60,2	59,6	59,0	58,4	57,8
-24	69,9	69,2	68,5	67,9	67,2	66,5	65,9	65,2	64,6	63,9
-23	77,2	76,4	75,7	74,9	74,2	73,5	72,7	72,0	71,3	70,6
-22	85,1	84,3	83,5	82,6	81,8	81,0	80,3	79,5	78,7	77,9
-21	93,8	92,9	92,0	91,1	90,2	89,3	88,5	87,6	86,8	85,9
-20	103,3	102,3	101,3	100,3	99,4	98,4	97,5	96,5	95,6	94,7
-19	113,6	112,5	111,5	110,4	109,4	108,3	107,3	106,3	105,3	104,3
-18	124,9	123,8	122,6	121,4	120,3	119,2	118,0	116,9	115,8	114,7
-17	137,3	136,0	134,7	133,4	132,2	131,0	129,7	128,5	127,3	126,1
-16	150,7	149,3	147,9	146,5	145,2	143,8	142,5	141,2	139,8	138,5
-15	165,3	163,8	162,3	160,8	159,3	157,8	156,4	154,9	153,5	152,1
-14	181,2	179,6	177,9	176,3	174,7	173,1	171,5	169,9	168,4	166,8
-13	198,5	196,7	194,9	193,2	191,4	189,7	188,0	186,3	184,6	182,9
-12	217,3	215,4	213,4	211,5	209,6	207,7	205,9	204,0	202,2	200,3
-11	237,7	235,6	233,5	231,4	229,4	227,3	225,3	223,3	221,3	219,3
-10	259,9	257,6	255,3	253,1	250,8	248,6	246,4	244,2	242,0	239,9
-9	283,9	281,4	279,0	276,5	274,1	271,7	269,3	266,9	264,6	262,2
-8	310,0	307,3	304,6	302,0	299,3	296,7	294,1	291,5	289,0	286,5
-7	338,2	335,3	332,4	329,5	326,6	323,8	321,0	318,2	315,5	312,7
-6	368,7	365,6	362,4	359,3	356,2	353,2	350,1	347,1	344,1	341,1
-5	401,8	398,3	395,0	391,6	388,2	384,9	381,6	378,4	375,1	371,9
-4	437,5	433,8	430,1	426,5	422,9	419,3	415,7	412,2	408,7	405,2
-3	476,1	472,1	468,1	464,2	460,3	456,4	452,6	448,7	445,0	441,2
-2	517,7	513,4	509,1	504,9	500,7	496,5	492,3	488,2	484,1	480,1
-1	562,7	558,0	553,4	548,8	544,3	539,8	535,3	530,9	526,4	522,1

Окончание прил. В

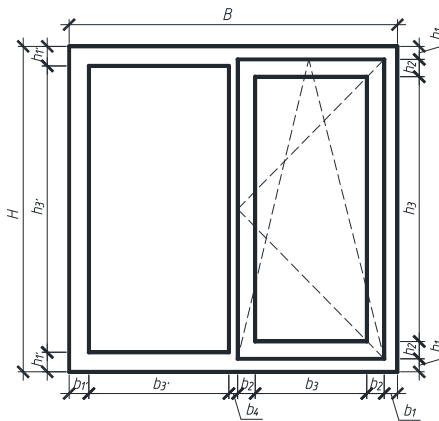
Температура воздуха t , °С	Максимальное парциальное давление E , Па, над льдом (при $t < 0$ °С) и над водой (при $t > 0$ °С)														
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9					
-0	611,2	606,1	601,2	596,2	591,3	586,5	581,6	576,8	572,1	567,4					
0	611,2	615,7	620,2	624,7	629,2	633,8	638,4	643,0	647,7	652,4					
1	657,1	661,8	666,6	671,4	676,3	681,1	686,0	691,0	695,9	700,9					
2	706,0	711,0	716,1	721,2	726,4	731,6	736,8	742,1	747,4	752,7					
3	758,0	763,4	768,8	774,3	779,8	785,3	790,9	796,5	802,1	807,8					
4	813,5	819,2	825,0	830,8	836,6	842,5	848,4	854,4	860,4	866,4					
5	872,5	878,6	884,7	890,9	897,1	903,4	909,7	916,0	922,4	928,8					
6	935,2	941,7	948,3	954,8	961,4	968,1	974,8	981,5	988,3	995,1					
7	1002,0	1008,9	1015,8	1022,8	1029,8	1036,9	1044,0	1051,1	1058,3	1065,6					
8	1072,8	1080,2	1087,5	1095,0	1102,4	1109,9	1117,5	1125,1	1132,7	1140,4					
9	1148,1	1155,9	1163,7	1171,6	1179,5	1187,5	1195,5	1203,5	1211,6	1219,8					
10	1228,0	1236,2	1244,5	1252,9	1261,3	1269,7	1278,2	1286,8	1295,4	1304,0					
11	1312,7	1321,5	1330,3	1339,1	1348,1	1357,0	1366,0	1375,1	1384,2	1393,4					
12	1402,6	1411,9	1421,2	1430,6	1440,0	1449,5	1459,1	1468,7	1478,3	1488,0					
13	1497,8	1507,6	1517,5	1527,5	1537,5	1547,5	1557,6	1567,8	1578,0	1588,3					
14	1598,7	1609,1	1619,5	1630,1	1640,7	1651,3	1662,0	1672,8	1683,6	1694,5					
15	1705,4	1716,5	1727,5	1738,7	1749,9	1761,1	1772,5	1783,9	1795,3	1806,9					
16	1818,4	1830,1	1841,8	1853,6	1865,4	1877,4	1889,3	1901,4	1913,5	1925,7					
17	1937,9	1950,3	1962,7	1975,1	1987,6	2000,2	2012,9	2025,7	2038,5	2051,3					
18	2064,3	2077,3	2090,4	2103,6	2116,8	2130,1	2143,5	2157,0	2170,5	2184,1					
19	2197,8	2211,6	2225,4	2239,3	2253,3	2267,3	2281,5	2295,7	2310,0	2324,4					
20	2338,8	2353,3	2367,9	2382,6	2397,4	2412,2	2427,2	2442,2	2457,2	2472,4					
21	2487,7	2503,0	2518,4	2533,9	2549,5	2565,2	2580,9	2596,7	2612,7	2628,7					
22	2644,8	2660,9	2677,2	2693,5	2710,0	2726,5	2743,1	2759,8	2776,6	2793,5					
23	2810,4	2827,5	2844,6	2861,9	2879,2	2896,6	2914,1	2931,8	2949,5	2967,2					
24	2985,1	3003,1	3021,2	3039,3	3057,6	3076,0	3094,4	3113,0	3131,6	3150,4					
25	3169,2	3188,2	3207,2	3226,3	3245,6	3264,9	3284,4	3303,9	3323,5	3343,3					

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Варианты конструкции оконных блоков и их размеры [10]



Вариант I



Вариант II

B (H) – ширина (высота) окна; b_1 (h_1) – ширина (высота) коробки;
 b_1' (h_1') – ширина (высота) коробки глухой части окна; b_2 (h_2) – ширина
(высота) створки; b_3 (h_3) – ширина (высота) остекления (стеклопакета);
 b_3' (h_3') – ширина (высота) остекления (стеклопакета) глухой части окна;
 b_4 (h_4) – ширина (высота) импоста

Вариант блока по рисунку	Размеры, мм						
	окна		коробки		створки	остекления	импоста
	H	B	$b_1 (h_1)$	$b_1' (h_1')$	$b_2 (h_2)$	b_3	b_4
I	1500	1500	40	–	70	560	20
II	1420	1360	40	70	80	460	60
I	1650	1500	40	–	80	550	0
II	1450	1150	40	70	80	360	50
I	1460	1320	50	–	70	460	20
II	1460	1470	45	70	80	440	45
I	1500	1320	50	–	80	435	30
II	1500	1320	40	65	75	450	55
I	1420	1350	40	–	80	460	30
II	1550	1170	40	70	80	270	60
I	1440	1180	40	–	75	385	30
II	1460	1400	40	60	80	500	40
I	1440	1320	40	–	75	460	20
II	1400	1170	40	60	70	440	50
I	1500	1350	50	–	75	460	30
II	1430	1320	40	70	75	500	60
I	1470	1330	40	–	70	485	0
II	1750	1310	35	70	80	425	60
I	1460	1170	45	–	70	390	20
II	1460	1320	30	60	80	450	60
I	1460	1470	30	–	65	575	0
II	1350	1500	30	60	80	545	50
I	1460	1320	40	–	80	450	20
II	1460	1320	40	75	75	510	35
I	1460	1460	40	–	75	530	20
II	1500	1500	35	60	80	520	55
I	1500	1200	50	–	80	390	0
II	1410	1310	40	60	75	440	60
I	1450	1350	40	–	75	470	30
II	1430	1170	40	65	80	350	50

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Сопротивление теплопередаче ПВХ профилей [10]

Марка профиля	Профильная система	Количество камер	Приведённое сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$
«Aluplast»	Ideal 8000	6	1,00
	Ideal 6000	6	0,91
«Lg»	L-700	5	0,91
КВЕ	88 мм (без усилительного вкладыша)	5	1,05
«Montblanc»	Nord 70 (без усилительного вкладыша)	5	0,82
«Plafen»	S-line (без усилительного вкладыша)	5	0,87
«Salamander»	bluEvolution (стандартное армирование)	6	1,00
«Veka»	Alphaline	6	1,25
	Softline XXL	5	1,00
	Topline Plus	4	1,34

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Сопротивление теплопередаче стеклопакетов [10]

Марка стеклопакета	Толщина стеклопакета δ , мм	Приведённое сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
4-Arg8-И4-Arg8-И4	28	1,09
4-10-4И-10-И4	32	0,95
4-Arg10-4-Arg10-И4	32	0,92
4-Arg10-4И-Arg10-И4	32	1,28
4-12-4И-12-И4	36	1,09
4-Arg12-4-Arg12-И4	36	0,98
4-Arg12-4И-Arg12-И4	36	1,45
4-14-4И-14-И4	40	1,16
4-Arg14-4-Arg14-И4	40	0,98
4-Arg14-4И-Arg14-И4	40	1,49

Примечание: марка стеклопакетов расшифровывается следующим образом. Например, марка стеклопакета 4-Arg14-4-Arg14-И4 означает (поочерёдно расписан каждый символ слева направо):

4 – наружное стекло – обычное листовое толщиной 4 мм;

Arg14 – наружная камера толщиной 14 мм и заполнена аргоном;

4 – среднее стекло – обычное листовое толщиной 4 мм;

Arg14 – внутренняя камера толщиной 14 мм и заполнена аргоном;

И4 – внутреннее стекло толщиной 4 мм, на поверхность которого, обращённую наружу, нанесено низкоэмиссионное мягкое селективное покрытие.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Коэффициент изменения ветрового давления по высоте [8]

Высота h , м	Значения коэффициента изменения ветрового давления по высоте k для типа местности		
	<i>A</i> (открытые побережья морей, озёр и водохранилищ; пустыни; степи; лесостепи; тундра)	<i>B</i> (городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м)	<i>C</i> (городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м)
до 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	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
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25

Примечания.

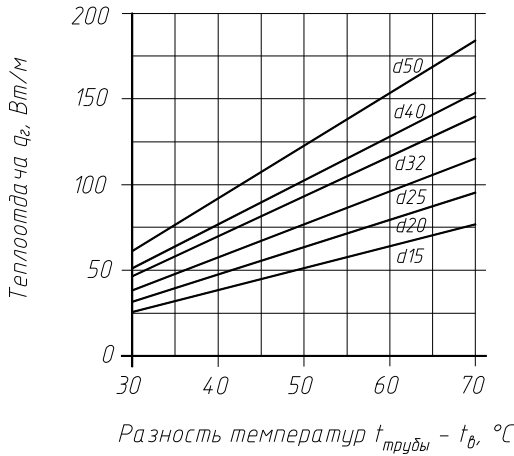
1. Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ (при высоте сооружения h до 60 м) и 2 км (при большей высоте).

2. Промежуточные значения определяются интерполяцией.

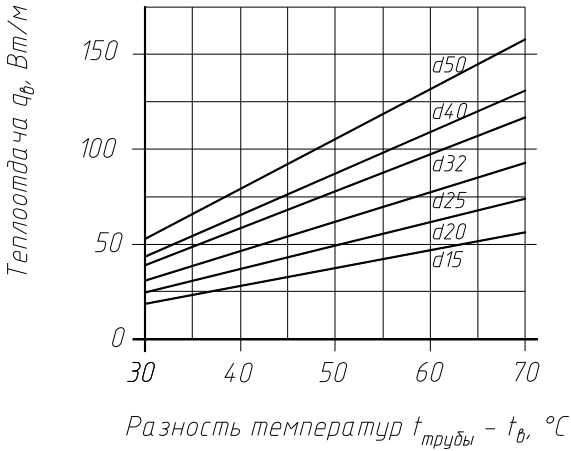
ПРИЛОЖЕНИЕ И

Теплоотдача метра погонного неизолированных трубопроводов [19]

а) горизонтальных

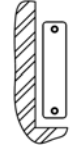
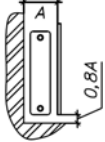
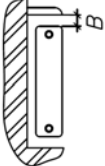
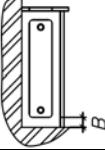
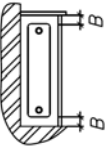
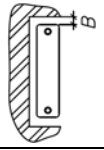


б) вертикальных



ПРИЛОЖЕНИЕ К

Значение коэффициента β_4 [18]

Способ установки прибора	Монтажные размеры	β_4
	Без ниши, открыто установлен у стены	1,00
	Без ниши, закрыт вертикальным экраном $A = 100$ мм	0,90
	Без ниши, перекрыт подоконной доской $B = 40$ мм $B = 80$ мм $B = 100$ мм	1,05 1,03 1,02
	Без ниши, закрыт шкафчиком со щелями $B = 250$ мм $B = 200$ мм $B = 150$ мм	1,12 1,20 1,25
	Без ниши, закрыт шкафчиком со щелями во фронтальной части $B = 120$ мм	1,30
	В стенной нише $B = 40$ мм $B = 80$ мм $B = 100$ мм	1,11 1,08 1,06

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Эмпирические коэффициенты n и p [18]

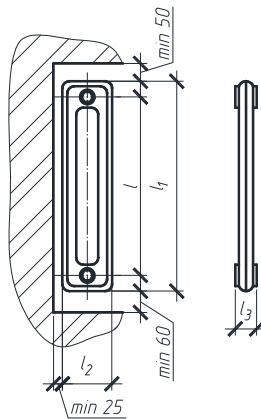
Тип прибора	Схема присоединения прибора	n
Чугунные и алюминиевые радиаторы, стальные панельные радиаторы	Сверху вниз	0,30
	Снизу вниз	0,15
	Снизу вверх	0,25
Конвектор настенный с кожухом	Любая	0,30
Конвектор настенный без кожуха	Любая	0,20
Труба отопительная чугунная	–	0,25

Тип прибора	Схема присоединения прибора	Расход теплоносителя, кг/ч	p
Чугунные и алюминиевые радиаторы, стальные панельные радиаторы	Сверху вниз	До 50	0,02
		Более 50	0,00
	Снизу вниз	До 100	0,08
Снизу вверх	Более 100	0,00	
	До 60	0,12	
Конвектор настенный с кожухом	Любая	Более 60	0,04
		До 90	0,18
Конвектор настенный без кожуха	Любая	Более 90	0,07
		–	0,03
Труба отопительная чугунная	–	–	0,07
Приборы из гладких труб	–	–	0,00

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Технические характеристики чугунных секционных радиаторов [12, 14]

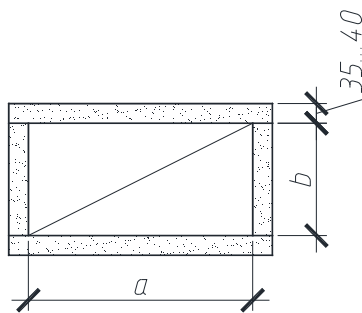
Обозначение прибора	Площадь поверхности нагрева одной секции F_n , м ²	Номинальный тепловой поток одной секции q_n , Вт	Строительные размеры, мм			
			l	l_1	l_2	l_3
МС-140-108	0,244	185	500	588	140	108
МС-140-98	0,240	174	500	588	140	98
М-140 АО	0,299	178	500	582	140	96
М-140А	0,254	164	500	582	140	96
М-90	0,200	140	500	582	90	96
МС-90-108	0,187	150	500	588	90	108
1К60П-60×500	0,110	80	500	560	60	60
2К60	0,175	120	500	578	140	60
2К60П	0,190	130	500	576	138	60
2К60ПП	0,184	138	500	576	137	60
2КП100-90×500	0,184	140	500	578	90	100
2К60П-300	0,126	85	300	376	138	60
2КПМ-90×500	0,155	110	500	578	90	60
Б-3-140-300	0,171	120	300	376	140	98
МР-2КП140 «Бекард»	0,224	160	500	576	137	90
МС-140М	0,208	160	500	588	140	108



ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Размеры и площадь каналов из шлакогипсовых (шлакобетонных) плит и кирпича [13]

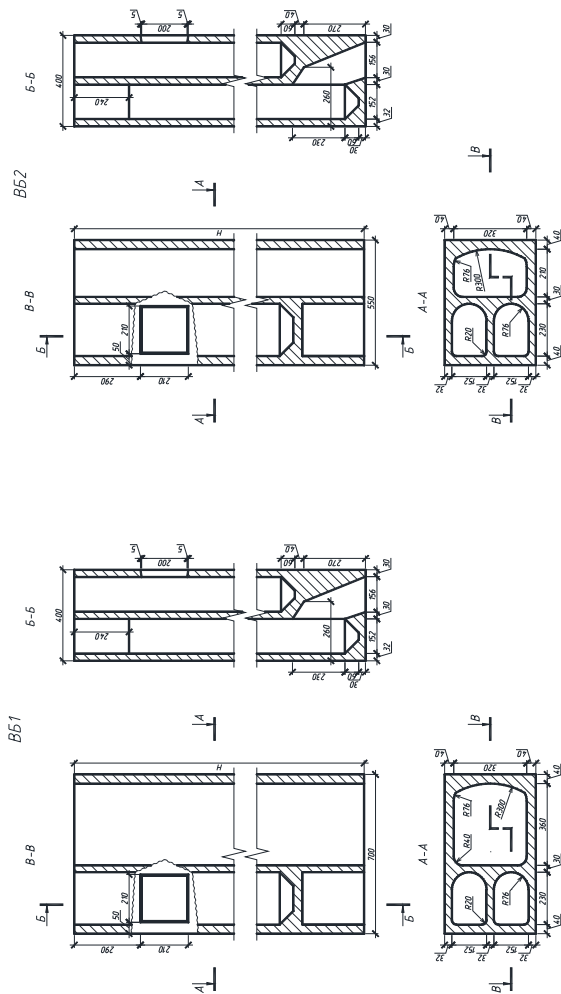
a , мм	Площадь живого сечения каналов шлакогипсовых и шлакобетонных плит							
	$f_{ж.с.}$, м ² , при b , мм							
	150	250	350	450	550	650	750	850
220	0,033	0,055	0,077	0,099	0,121	0,143	0,165	0,187
320	0,048	0,080	0,112	0,144	0,176	0,208	0,240	0,272
420	0,063	0,105	0,147	0,189	0,231	0,273	0,315	0,357
520	0,078	0,130	0,182	0,234	0,286	0,338	0,390	0,442
620	0,093	0,155	0,217	0,279	0,341	0,403	0,465	0,527
720	0,108	0,180	0,252	0,324	0,396	0,468	0,540	0,612
820	0,123	0,205	0,287	0,369	0,451	0,533	0,615	0,697
920	0,138	0,230	0,322	0,414	0,506	0,598	0,690	0,782



Размер кирпичного канала		Площадь поперечного сечения, м ²	Размер кирпичного канала		Площадь поперечного сечения, м ²
в кирпичах	в мм		в кирпичах	в мм	
½ × ½	140 × 140	0,020	1½ × 3	400 × 790	0,32
½ × 1	140 × 270	0,038	2 × 2	530 × 530	0,28
1 × 1	270 × 270	0,073	2 × 2½	530 × 650	0,35
½ × 1½	270 × 400	0,111	2 × 3	530 × 790	0,42
1 × 2	270 × 530	0,143	2 × 4	530 × 1060	0,56
1½ × 1½	400 × 400	0,16	2½ × 2½	650 × 650	0,43
1½ × 2	400 × 530	0,21	2½ × 3	650 × 790	0,52
1½ × 2½	400 × 650	0,26			

ПРИЛОЖЕНИЕ П

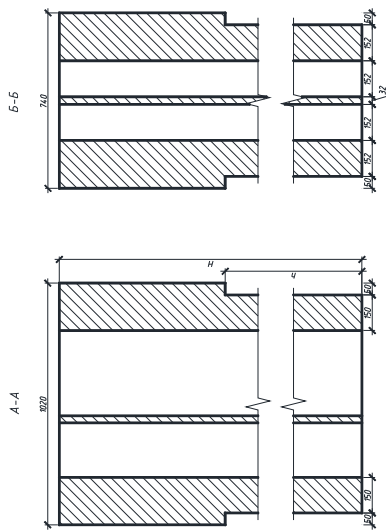
Чертежи унифицированных железобетонных каналов [15]



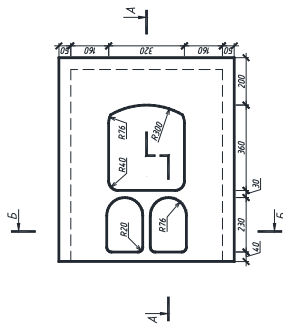
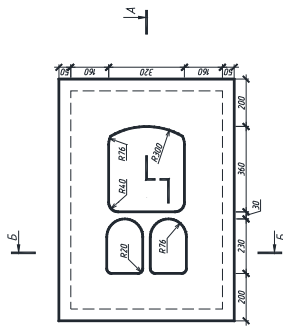
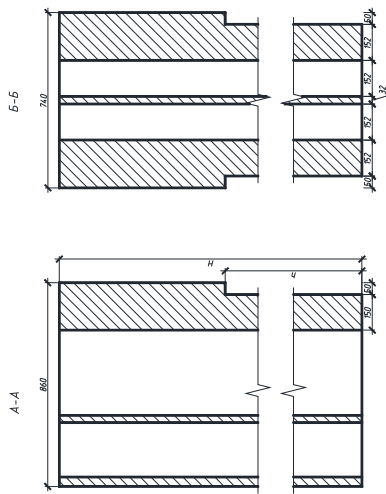
Примечания.

1. У правого вентиля отверстие для решётки находится справа, если смотреть со стороны каналов-спутников.
2. Размеры приведены в приложении Р.

БИУ-1, БИУ-5

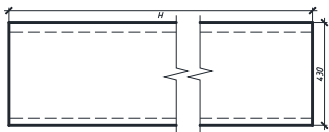
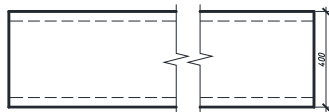


БИУ-1А, БИУ-5А



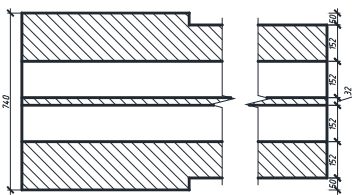
Примечание. Размеры приведены в приложении Р.

БК1

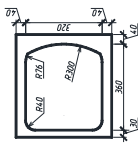
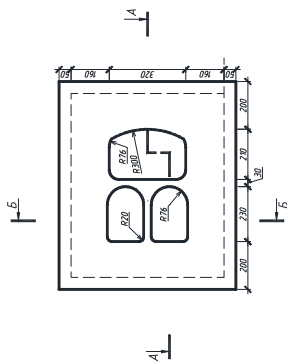
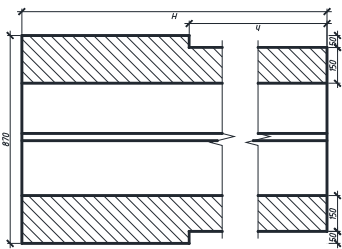


ВШ-2, ВШ-6

Б-6

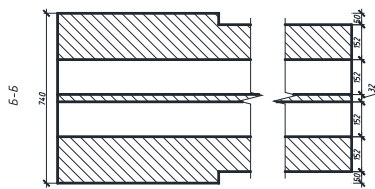
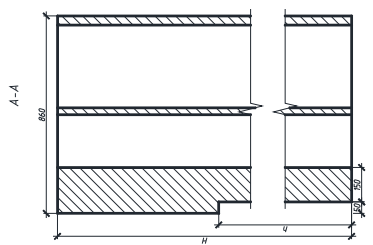


А-А

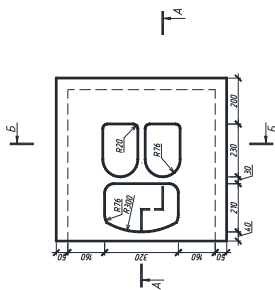
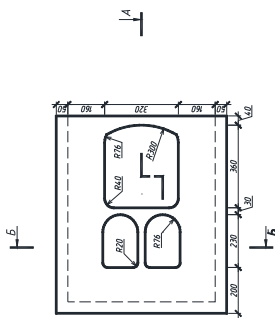
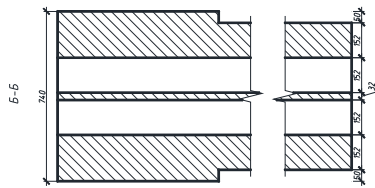
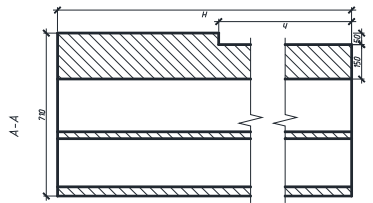


Примечание. Размеры приведены в приложении Р.

ВШ-3А, ВШ-7А

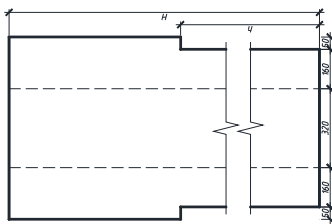
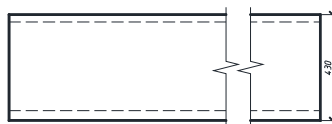
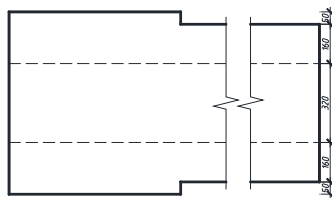
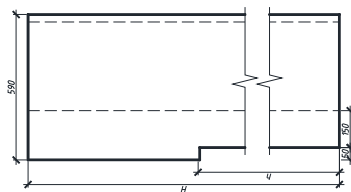


ВШ-3Б, ВШ-7Б

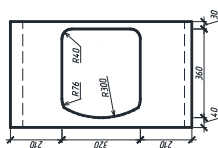
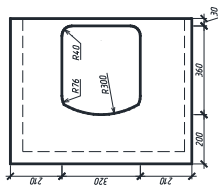


Примечание. Размеры приведены в приложении Р.

ВШ-4, ВШ-8

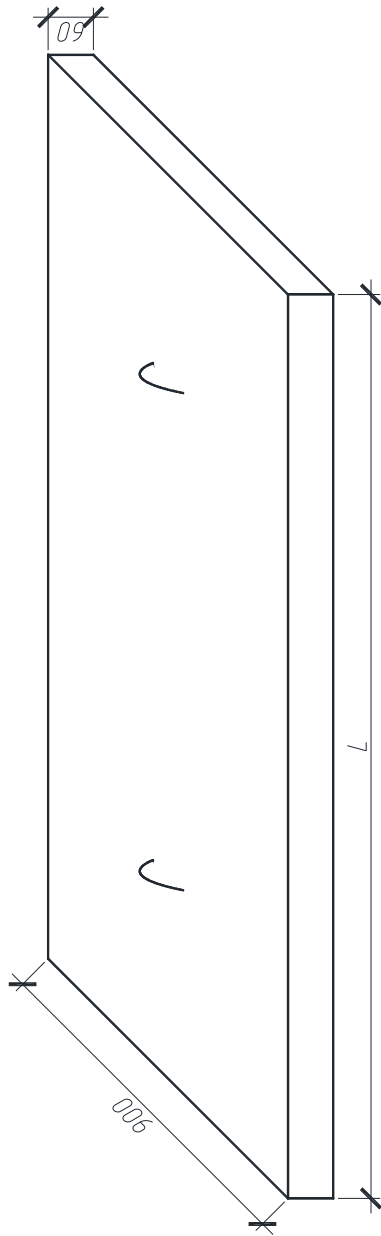


ВШ-4А, ВШ-8А



Примечание. Размеры приведены в приложении Р.

ВП



Примечание. Размеры приведены в приложении Р.

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Геометрические характеристики унифицированных железобетонных каналов [15]

Наименование изделия	Марка изделия	Размеры, мм				Канал-спутник		Сборный канал	
		ширина В, мм	длина L, мм	высота H, мм	h, мм	площадь «живого» сечения, $f_{ж.с.}, M^2$	эквивалентный диаметр $d_{эвб.}, мм$	площадь «живого» сечения, $f_{ж.с.}, M^2$	эквивалентный диаметр $d_{эвб.}, мм$
Вентблок	ВБ1-28П (Л)	400	700	2780	-	0,032	190	0,110	350
	ВБ1-30П (Л)			2980					
	ВБ1-33П (Л)			3280					
	ВБ1-36П (Л)			3580					
	ВБ1-42П (Л)			4180					
	ВБ2-28П (Л)			2780					
	ВБ2-30П (Л)			2980					
	ВБ2-33П (Л)			3280					
	ВБ2-36П (Л)			3580					
	ВБ2-42П (Л)			4180					
Венткороб	ВК1-28	400	430	2780	-	-	-	0,110	350
	ВК1-30			2980					
	ВК1-33			3280					
	ВК1-36			3580					
	ВК1-42			4180					
	ВК1-42			4180					
Вентшахта	ВШ-1	740	1020	1400	700	0,032	190	0,110	350
	ВШ-1А		860						
	ВШ-2								
	ВШ-3А								

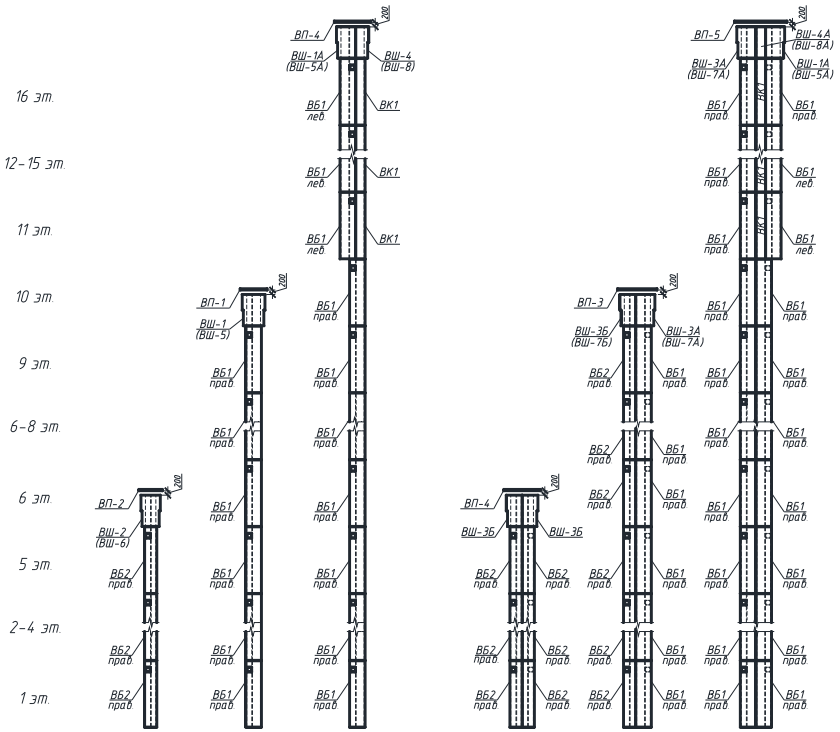
Окончание прил. Р

Наименование изделия	Марка изделия	Размеры, мм				Канал-спутник		Сборный канал	
		ширина B , мм	длина L , мм	высота H , мм	h , мм	площадь «живого» сечения, $f_{ж.с.}, \text{м}^2$	эквивалентный диаметр $d_{экрв.}, \text{мм}$	площадь «живого» сечения, $f_{ж.с.}, \text{м}^2$	эквивалентный диаметр $d_{экрв.}, \text{мм}$
Вентшахта	ВШ-3Б	740	710	1400	700	0,032	190	0,062	260
	ВШ-4		590					350	
	ВШ-4А		430					260	
	ВШ-5		1020						
	ВШ-5А	860	3300	2600	0,110			350	
	ВШ-6				0,062			260	
	ВШ-7А				0,110			350	
	ВШ-7Б				0,062			260	
Плиты	ВШ-8	900	710	60	-	-	0,110	350	
	ВШ-8А		590				260		
	ВП-1		430				260		
	ВП-2		1200				260		
	ВП-3		1050				260		
	ВП-4	1760	260						
	ВП-5	1640	260						
		2350	260						

Типовые схемы вентиляции жилых домов с помощью унифицированных вентиляционных каналов [15]

Вентиляция кухни с электроплитами или совмещенного санузла

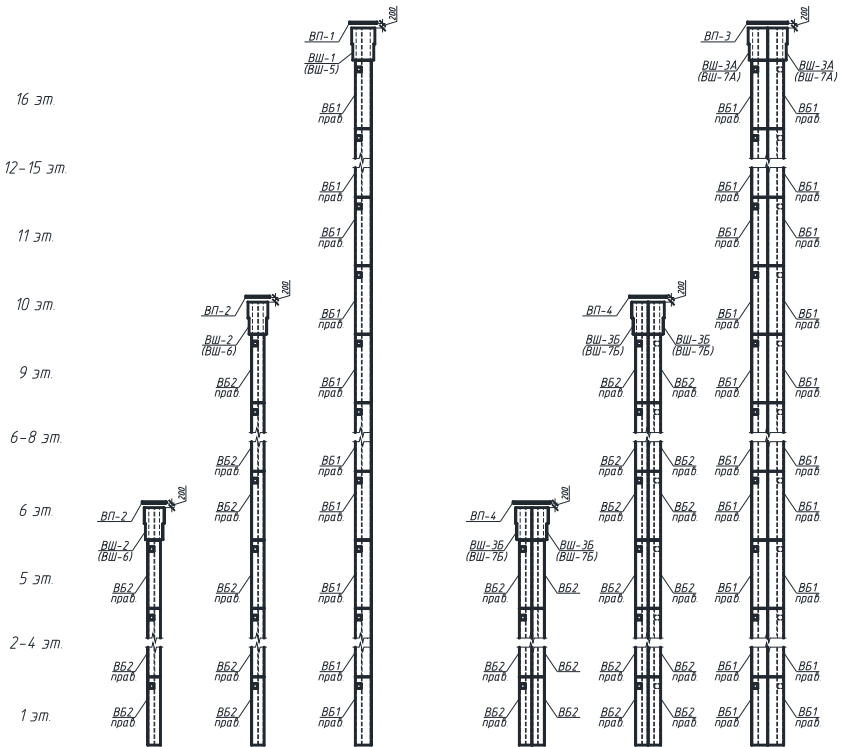
Вентиляция кухни с электроплитами и ванной



Примечание. Аналогичные схемы можно получить, заменив правые вентблоки на левые, а левые – на правые.

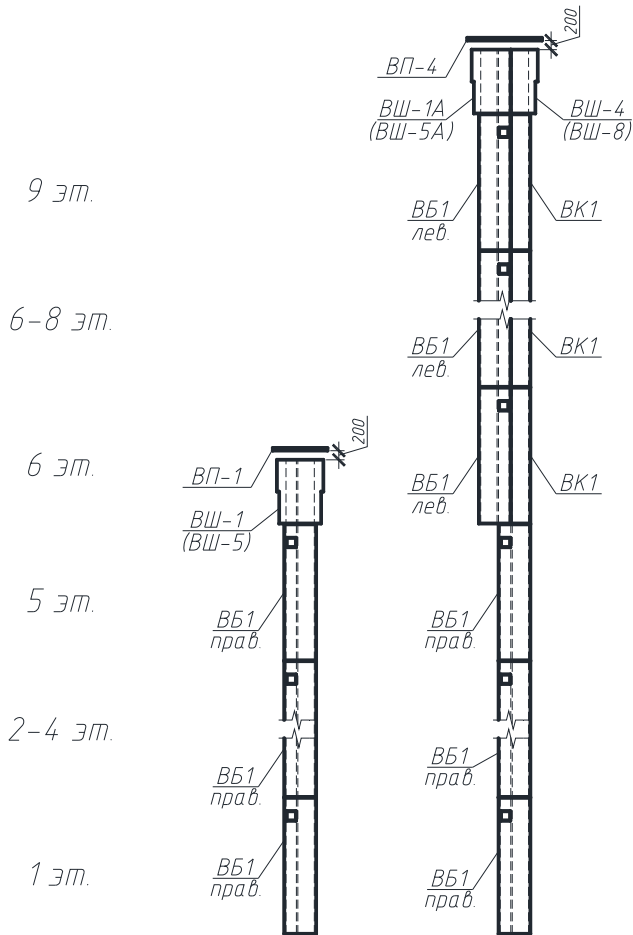
Вентиляция санузла или ванной

Вентиляция санузла и ванной



Примечание. Аналогичные схемы можно получить, заменив правые вентиляционные блоки на левые, а левые – на правые.

Вентиляция кухни с газовыми плитами



Примечание. Аналогичные схемы можно получить, заменив правые вентиляционные блоки на левые, а левые – на правые.

Удельные потери давления на трение R , Па/м, для стальных воздуховодов ($k_3 = 0,0001$ м)

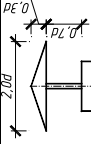
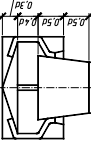
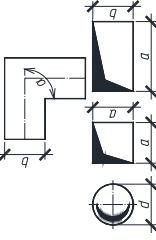
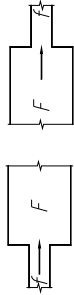
v , м/с	$P_{\text{тр}}$ Па	Удельные потери давления R , Па/м, при диаметре воздуховода, мм															
		100	125	140	160	180	220	225	250	280	315	355	400	450	500		
0,1	0,006	0,0037	0,0028	0,0025	0,0021	0,0018	0,0014	0,0014	0,0012	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0006	0,0005		
0,2	0,024	0,0126	0,0095	0,0083	0,0070	0,0061	0,0047	0,0046	0,0040	0,0035	0,0030	0,0026	0,0022	0,0019	0,0017		
0,3	0,054	0,0257	0,0195	0,0169	0,0143	0,0123	0,0096	0,0093	0,0082	0,0071	0,0061	0,0053	0,0045	0,0039	0,0034		
0,4	0,096	0,0426	0,0323	0,0280	0,0237	0,0205	0,0159	0,0155	0,0136	0,0118	0,0102	0,0088	0,0075	0,0065	0,0057		
0,5	0,150	0,0632	0,0478	0,0415	0,0351	0,0303	0,0236	0,0229	0,0201	0,0174	0,0151	0,0130	0,0112	0,0096	0,0084		
0,6	0,216	0,0871	0,0659	0,0572	0,0484	0,0418	0,0325	0,0316	0,0277	0,0241	0,0208	0,0179	0,0154	0,0133	0,0117		
0,7	0,294	0,1143	0,0865	0,0751	0,0635	0,0548	0,0427	0,0415	0,0364	0,0316	0,0272	0,0235	0,0202	0,0174	0,0153		
0,8	0,384	0,1448	0,1095	0,0951	0,0805	0,0694	0,0540	0,0525	0,0461	0,0400	0,0345	0,0297	0,0256	0,0221	0,0194		
0,9	0,486	0,1783	0,1349	0,1171	0,0991	0,0855	0,0666	0,0647	0,0567	0,0492	0,0425	0,0366	0,0315	0,0272	0,0238		
1,0	0,600	0,2149	0,1626	0,1411	0,1194	0,1031	0,0802	0,0780	0,0684	0,0593	0,0512	0,0441	0,0380	0,0328	0,0287		
1,1	0,726	0,2545	0,1925	0,1671	0,1414	0,1221	0,0950	0,0923	0,0810	0,0703	0,0606	0,0522	0,0450	0,0388	0,0340		
1,2	0,864	0,2970	0,2247	0,1950	0,1650	0,1424	0,1108	0,1078	0,0945	0,0820	0,0708	0,0609	0,0525	0,0453	0,0397		
1,3	1,014	0,3424	0,2590	0,2248	0,1903	0,1642	0,1278	0,1242	0,1089	0,0945	0,0816	0,0703	0,0605	0,0522	0,0458		
1,4	1,176	0,3906	0,2955	0,2565	0,2171	0,1874	0,1458	0,1418	0,1243	0,1078	0,0931	0,0802	0,0691	0,0596	0,0522		
1,5	1,350	0,4417	0,3342	0,2900	0,2455	0,2119	0,1649	0,1603	0,1405	0,1219	0,1053	0,0906	0,0781	0,0674	0,0591		
1,6	1,536	0,4956	0,3749	0,3254	0,2754	0,2377	0,1850	0,1798	0,1576	0,1368	0,1181	0,1017	0,0876	0,0756	0,0663		
1,7	1,734	0,5522	0,4178	0,3626	0,3069	0,2648	0,2061	0,2004	0,1757	0,1525	0,1316	0,1133	0,0976	0,0843	0,0739		
1,8	1,944	0,6116	0,4627	0,4016	0,3398	0,2933	0,2282	0,2219	0,1945	0,1688	0,1457	0,1255	0,1081	0,0933	0,0818		
1,9	2,166	0,6736	0,5097	0,4423	0,3743	0,3231	0,2514	0,2445	0,2143	0,1860	0,1605	0,1382	0,1191	0,1028	0,0901		
2,0	2,400	0,7384	0,5587	0,4849	0,4103	0,3542	0,2756	0,2680	0,2349	0,2039	0,1760	0,1515	0,1305	0,1127	0,0988		

ПРИЛОЖЕНИЕ У

Значение поправочного коэффициента n для определения потерь давления на трение

Скорость в канале v , м/с	Значения n при k_3 , м		
	0,0015 (шлакобетон)	0,004 (кирпич)	0,01 (штукатурка по сетке)
0,2	1,06	1,15	1,31
0,4	1,11	1,25	1,48
0,6	1,16	1,33	1,60
0,8	1,19	1,40	1,69
1,0	1,23	1,46	1,77
1,2	1,25	1,50	1,84
1,4	1,28	1,55	1,95
1,6	1,31	1,58	1,95
1,8	1,33	1,62	2,00
2,0	1,35	1,65	2,04

Значение коэффициентов местных сопротивлений некоторых частей воздухопроводов [13]




Наименование местного сопротивления	Эскиз	Значение коэффициента местного сопротивления ζ																
Вытяжная шахта с зонтом		1,3 (круглое и квадратное сечение шахты) 1,15 (прямоугольное сечение шахты)																
Шахта с дефлектором		0,64																
Колено		<p>При угле $\alpha = 90^\circ$ $\zeta = 1,2$ (круглое и квадратное сечение). При угле $\alpha = 20^\circ$ $\zeta = 0,13$ (круглое и квадратное сечение). Для прямоугольного сечения ζ умножается на коэффициент c</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>a/b</th> <th>c</th> <th>a/b</th> <th>c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,25</td> <td>1,10</td> <td>1,5</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>0,5</td> <td>1,07</td> <td>2,0</td> <td>0,90</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>1,00</td> <td>3,0</td> <td>0,83</td> </tr> </tbody> </table>	a/b	c	a/b	c	0,25	1,10	1,5	0,95	0,5	1,07	2,0	0,90	1,0	1,00	3,0	0,83
a/b	c	a/b	c															
0,25	1,10	1,5	0,95															
0,5	1,07	2,0	0,90															
1,0	1,00	3,0	0,83															
Резкое изменение сечения		<p>Для внезапного расширения — $\zeta_{\text{расш}} = (1 - f/F)^2$; для внезапного сужения — $\zeta_{\text{суж}} = 0,5 \cdot (1 - f/F)$. Коэффициенты $\zeta_{\text{расш}}$ и $\zeta_{\text{суж}}$ относятся к сечению f.</p>																

Окончание прил. Ф

Наименование местного сопротивления	Эскиз	Значение коэффициента местного сопротивления ζ					
		F_o/F_n	ζ_o (в числителе) и ζ_n (в знаменателе) при L_o/L_c				
Тройник выгяжной прямоугольного сечения		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
		0,3	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
		0,2	0,5	0,9	1,5	2,5	2,5
		0,2	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0
		0,2	0,4	0,8	1,3	2,1	2,1
		0,4	0,6	0,7	1,0	1,1	1,1
		0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	1,6
		0,2	0,4	0,6	1,0	1,6	1,6
		0,6	0,2	0,1	0,9	0,9	1,1
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,3	1,3
		0,8	0,2	0,1	0,9	0,9	1,1
		0,8	0,4	0,5	0,7	1,1	1,1
		1,0	0,4	0,5	0,7	1,1	1,1
0,3	0,4	0,5	0,7	1,1	1,1		
0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0		
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
4,4	8,4	20	82	82	∞		
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
3,7	7,1	16,7	69	69	∞		
1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1		
2,8	5,2	12,3	51	51	∞		
1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2		
2,2	4,1	9,5	39	39	∞		
1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2		
1,8	3,3	7,6	31	31	∞		
1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3		
1,6	2,8	6,3	25	25	∞		















ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

Характеристики некоторых вытяжных решёток

Марка решётки	Вид	Размеры $a \times b$, мм	Площадь живого сечения $f_{\text{реш.}}$, M^2	Коэффициент местного сопротивления ζ
Решётки щелевые регулируемые				
P150		150 × 150	0,0148	2,0
P200		200 × 200	0,0264	
Решётки однорядные регулируемые				
PH2		150 × 150	0,0157	1,7
		200 × 150	0,0213	
		200 × 200	0,0293	
PC6		150 × 150	0,0176	1,7
		200 × 200	0,0327	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

Обозначения некоторых элементов санитарно-технических систем [18]

Наименование элемента	Условное обозначение	
	на видах сверху и планах	на видах спереди или сбоку, на разрезах и схемах
Радиатор отопительный		
Воздуховод		
Воздуховод (при изображении двумя линиями):		
– круглого сечения		
– прямоугольного сечения		
Решётка для забора воздуха		
Зонт*		
Дефлектор*		
Клапан запорный проходной		
Клапан трёхходовой		
Кран проходной		
Кран трёхходовой		

* – условные обозначения применяются только на схемах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Задание на курсовую работу.....	3
Общие указания и порядок выполнения курсовой работы.....	4
Методические указания к выполнению курсовой работы.....	5
1. Сведения о проектируемом здании.....	5
2. Выбор расчётных параметров внутреннего и наружного воздуха.....	6
3. Выбор сопротивлений теплопередаче и определение толщин теплоизоляционных слоёв.....	7
4. Расчёт тепловлажностного режима наружной стены.....	10
5. Теплотехнический расчёт оконного заполнения.....	21
5.1. Расчёт сопротивления теплопередаче.....	23
5.2. Расчёт сопротивления воздухопроницанию.....	24
6. Конструирование и расчёт системы отопления.....	28
6.1. Общие положения.....	28
6.2. Конструирование системы отопления.....	39
6.3. Тепловой расчёт системы отопления.....	42
7. Конструирование и расчёт системы вентиляции.....	49
7.1. Общие положения.....	49
7.2. Аэродинамический расчёт вентиляционных систем.....	53
7.3. Аэродинамический расчёт удаления воздуха через приставные шлакобетонные каналы.....	58
7.4. Аэродинамический расчёт удаления воздуха через унифицированные вентиляционные блоки.....	67
8. Состав графической части работы.....	72
Список использованных источников.....	81
Приложения.....	83
Приложение А. Климатические параметры холодного периода года.....	83
Приложение Б. Теплофизические характеристики некоторых строительных материалов.....	86
Приложение В. Максимальное парциальное давление водяного пара влажного воздуха.....	89
Приложение Г. Варианты конструкции оконных блоков и их размеры.....	91

Приложение Д. Сопротивление теплопередаче ПВХ профилей.....	93
Приложение Е. Сопротивление теплопередаче стеклопакетов.....	94
Приложение Ж. Коэффициент изменения ветрового давления по высоте.....	95
Приложение И. Теплоотдача метра погонного неизолированных трубопроводов.....	96
Приложение К. Значение коэффициента β_4	97
Приложение Л. Эмпирические коэффициенты n и p	98
Приложение М. Технические характеристики чугунных секционных радиаторов.....	99
Приложение Н. Размеры и площадь каналов из шлакогипсовых (шлакобетонных) плит и кирпича.....	100
Приложение П. Чертежи унифицированных железобетонных каналов.....	101
Приложение Р. Геометрические характеристики унифицированных железобетонных каналов.....	107
Приложение С. Типовые схемы вентиляции жилых домов с помощью унифицированных вентиляционных каналов.....	109
Приложение Т. Удельные потери давления на трение R , Па/м, для стальных воздухопроводов ($k_3 = 0,0001$ м).....	112
Приложение У. Значение поправочного коэффициента n для определения потерь давления на трение.....	113
Приложение Ф. Значение коэффициентов местных сопротивлений некоторых частей воздухопроводов.....	114
Приложение Ц. Характеристики некоторых вытяжных решёток.....	116
Приложение Ш. Обозначения некоторых элементов санитарно-технических систем.....	117

Учебное издание

ЗАХАРЕВИЧ Алексей Эдуардович
РУТКОВСКИЙ Максим Антонович
ШИБЕКО Александр Сергеевич

ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИЛОГО ДОМА

Учебно-методическое пособие к курсовой работе
по дисциплинам «Инженерные сети и оборудование»,
«Теплоснабжение и вентиляция»
и «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Редактор *В. В. Казакевич*
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 15.07.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 6,97. Уч.-изд. л. 5,45. Тираж 100. Заказ 429.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.