

Российская Федерация
Министерство путей сообщения

ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения МПС России»

Кафедра «Гидравлика и водоснабжение»

Г.П. Чайковский А.В. Путько

ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗДАНИЯ

2-е издание
исправленное и дополненное

Рекомендовано

Дальневосточным региональным учебно-методическим центром

в качестве учебного пособия для студентов специальностей
290300 «Промышленное и гражданское строительство»,
290500 «Городское строительство и хозяйство»,
290800 «Водоснабжение и водоотведение»,
291500 «Экспертиза и управление недвижимостью»
вузов региона

Хабаровск

Издательство ДВГУПС

2003

Рецензенты:

Кафедра “Теплогазоснабжение и вентиляция” Хабаровского государственного технического университета (заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент

Ю.В. Хоничев)

Директор Дальневосточного предприятия “Росводоканал” кандидат технических наук, доцент *А.Д. Лернер*

Чайковский, Г.П.

Ч Отопление и вентиляция здания: Учеб. пособие / Г.П. Чайковский, А.В.
154 Путько. – 2-е изд., испр. и доп. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 70 с.: ил.

Учебное пособие соответствует государственному образовательному стандарту направления 653500 “Строительство” специальностей 290300 “Промышленное и гражданское строительство”, 290800 “Водоснабжение и водоотведение” подготовки дипломированных специалистов.

Учебное пособие отражает современные требования к устройству систем отопления и вентиляции. Даны методики и примеры расчета основных элементов отопительных и вентиляционных систем. Приведены рекомендации по проектированию этих систем.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения специальностей 290800 “Водоснабжение и водоотведение” и 290300 “Промышленное и гражданское строительство”, изучающих дисциплины “Инженерные сети”, “Теплоснабжение и вентиляция зданий” и выполняющих курсовой проект. Пособие полезно также для слушателей Центра подготовки и переподготовки руководящих кадров при изучении соответствующего курса.

ISBN 5-262-00167-X © ГОУ ВПО “Дальневосточный государственный университет путей сообщения МПС России” (ДВГУПС), 1998, 2003

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ

1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОКЛИМАТУ ПОМЕЩЕНИЙ. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПОМЕЩЕНИЙ

4. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

7. ВЫБОР ТИПА И РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

8. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

8.1. Подбор циркуляционных насосов

8.2. Подбор гидроэлеватора

8.3. Подбор водонагревателя

8.4. Расширительные сосуды

9. ВЫБОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

10. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

11. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Расчетные параметры микроклимата в помещениях жилых домов (по снип 2.08.01–89)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Расчетные параметры наружного воздуха в населенных пунктах Дальнего Востока

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Характеристика ограждающих конструкций зданий

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Теплотехническая характеристика строительных материалов и конструкций

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Плотность воды ρ , кг/м³, при температурах 60–105 °С

ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Коэффициенты учета дополнительных факторов, влияющих на теплоотдачу отопительных приборов

ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Коэффициенты местных сопротивлений ξ в системах отопления

ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Коэффициенты местных сопротивлений и затекания узлов отопительных приборов

ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Основные технические характеристики нагревательных приборов

Приложение 10. Номограмма для гидравлического расчета систем отопления

Приложение 11. Коэффициенты местных сопротивлений некоторых частей воздухопроводов

ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Номограмма для расчета круглых металлических воздухопроводов

ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Примеры чертежей систем отопления и вентиляции

ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Задание к курсовому проекту “Отопление и вентиляция здания”

Библиографический СПИСОК

ВВЕДЕНИЕ

Системы отопления и вентиляции относятся к инженерным сетям зданий и являются системами жизнеобеспечения. Без них постоянное пребывание людей в зданиях невозможно. При конструировании здания предусматривают возможность размещения и удобной эксплуатации инженерных сетей и оборудования, обеспечивающих благоприятный климат в помещениях.

Расчеты систем отопления и вентиляции основываются на законах физики, гидравлики, аэродинамики. Гидравлические и аэродинамические расчеты этих систем аналогичны расчетам систем водоснабжения.

При выполнении курсового проекта (работы), студент должен научиться конструировать и рассчитывать сети отопления и вентиляции несложной конструкции. Для этого он должен знать основные принципы теплотехнических расчетов, движения жидкости и газов по трубопроводным системам.

Задание на курсовой проект для студентов ИИФО дано в прил. 14. Вариант задания следует выбирать в соответствии с шифром, указанным в зачетной книжке студента. Студентам дневной формы обучения задание выдает преподаватель.

При разработке проекта кроме данного пособия следует ознакомиться с основной нормативной и учебной литературой, приведенной в библиографическом списке.

1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИКРОКЛИМАТУ ПОМЕЩЕНИЙ. РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

Для нормальной жизнедеятельности людей в помещении необходимо поддерживать оптимальные тепловой, воздушный и влажностный режимы. При определении расчетных метеорологических условий в помещениях учитываются интенсивность труда, характер тепловыделений и выделений загрязняющих атмосферу веществ, период года. Для помещений жилых домов расчетные параметры, определяющие микроклимат, принимаются по [1] и приведены в прил. 1.

Расчетные параметры наружного воздуха устанавливаются на основании данных метеорологических наблюдений в географических пунктах. При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха жилых и гражданских зданий в качестве расчетной температуры принимается средняя температура наиболее холодной пятидневки из 8 зим за 50-летний период. В нормах [2] эти условия именуются “параметр Б”. Расчетные температуры и скорости воздуха для холодного периода года по параметрам Б для ряда населенных пунктов Дальнего Востока приведены в прил. 2.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Отапливаемые помещения теряют теплоту через ограждения вследствие разности температур внутреннего и наружного воздуха. Такими ограждениями являются стены, окна, двери, перекрытия над подвалами, чердачные и бесчердачные перекрытия, полы по грунту. Варианты конструкций некоторых ограждений приведены в прил. 3.

Теплозащитные качества ограждений характеризуются величиной сопротивления теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, определяемой по формуле

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum (\delta_i / \lambda_i) + 1/\alpha_{\text{н}} + R_{\text{в.п.}}, \quad (2.1)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент тепловосприимчивости внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; δ_i и λ_i – толщина слоя и расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя конструкции; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; $R_{\text{в.п.}}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки (при наличии ее в конструкции), $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$.

Коэффициенты $\alpha_{\text{в}}$ и $\alpha_{\text{н}}$ принимаются по СНиП [3] и для ряда случаев даны в табл. 2.1; δ_i – определяется из строительных чертежей ограждающих конструкций или назначается по прил. 3 в соответствии с заданием; λ_i – принимается по справочным данным и для некоторых материалов приведено в прил. 4. Термическое сопротивление воздушных прослоек может быть принято по табл. 2.2.

Таблица 2.1

Коэффициенты тепловосприимчивости и теплоотдачи

Поверхность ограждающей конструкции	$\alpha_{\text{в}}, \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$\alpha_{\text{н}}, \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
Внутренняя поверхность стен, полов, гладких потолков	8,7	–
Наружная поверхность стен, бесчердачных перекрытий	–	23
Перекрытия чердачные и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами	–	12
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов	–	6

Таблица 2.2

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек
 $R_{в.п.}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Толщина воздушной прослойки, м	Вертикальная и горизонтальная прослойки при потоке тепла снизу вверх		Горизонтальная прослойка при потоке тепла сверху вниз	
	При температуре воздуха в прослойке			
	положительн.	отрицательн.	положительн.	отрицательн.
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2–0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Сопротивление теплопередаче окон и дверей обычно не рассчитывается и принимается по справочным данным в зависимости от используемой конструкции. В прил. 3 даны эти сведения для некоторых конструкций заполнения стеновых проемов.

Вопросы для самопроверки

1. Каким показателем характеризуются теплозащитные свойства ограждений?
2. Как влияют воздушные прослойки в ограждениях на их термические сопротивления?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПОМЕЩЕНИЙ

Теплопотери помещений в жилых и гражданских зданиях складываются из теплопотерь через ограждающие конструкции (стены, окна, полы, перекрытия) и расходов теплоты на нагрев воздуха, инфильтрующегося в помещения через неплотности в ограждающих конструкциях. В промышленных зданиях учитывают и другие расходы теплоты.

Теплопотери определяют через все ограждающие конструкции и для всех отапливаемых помещений. Допускается не учитывать теплопотери через внутренние ограждения, если разность температур в помещениях, которые они разделяют, не превышает 3°C . До начала расчетов всем помещениям здания, в которых должны быть определены теплопотери, присваивают номера.

Потери теплоты, Вт, через ограждающие конструкции рассчитывают по формуле

$$Q_{огр} = F (t_{вн} - t_n^B) (1 + \Sigma \beta) n / R_0, \quad (3.1)$$

где F – расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ; $t_{вн}$ – расчетная температура воздуха в помещении, $^{\circ}C$; t_n^B – расчетная температура наружного воздуха, $^{\circ}C$; β – добавочные теплотери, в долях от основных потерь; n – коэффициент учета положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху; R_0 – сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^{\circ}C / Вт$, определяемое по формуле (2.1).

Расчетные площади ограждений определяют по строительным чертежам в соответствии с правилами обмера, приведенными на рис. 3.1.

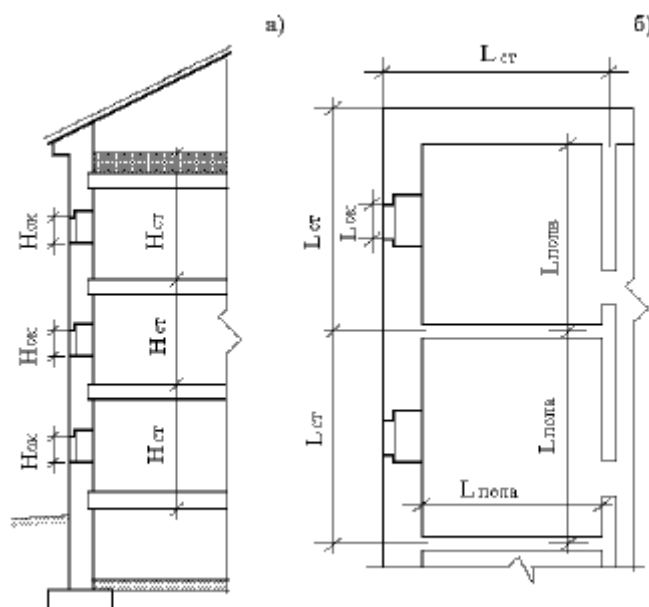


Рис. 3.1. Схема обмера ограждений: а – на разрезе здания; б – на плане; $H_{ок}$, $H_{ст}$, $L_{ст}$, $L_{пола}$ – линейные размеры окон, стен и полов

Расчетная температура воздуха в помещении $t_{вн}$ для жилых зданий может быть принята по прил. 1, а t_n^B – по прил. 2 в зависимости от месторасположения объекта строительства. Величины добавочных теплотерий приведены в табл. 3.1, а коэффициента n – в табл. 3.2. Прочие виды добавочных теплотерий приведены в литературе [4–6].

Таблица 3.1

Добавочные теплотери

Тип ограждения	Условия	Добавочные теплотери β в долях
Наружные вертикальные стены, окна и двери:	при ориентации на север, восток, северо-восток и северо-запад;	0,1
	юго-восток и запад	0,05
Наружные двери, необорудованные воздушной завесой при высоте здания H , м	Тройные двери с двумя тамбурами	0,2 H
	Двойные двери с тамбуром между ними	0,27 H
В угловых помещениях дополнительно для стен, окон и дверей	Одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток или северо-запад	0,05
	В других случаях	0,1

Таблица 3.2

Значения коэффициента n , учитывающего положение
наружной поверхности ограждения

Тип ограждающей конструкции	n
Наружные стены и перекрытия, соприкасающиеся с наружным воздухом	1,0
Чердачное перекрытие	0,9
Перекрытие над неотапливаемым подвалом со световыми проемами в стенах	0,75
То же без световых проемов	0,6

Расчеты по формуле (3.1) выполняют в табличной форме.

Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха в жилых и общественных зданиях для всех помещений определяют из двух расчетов.

В первом расчете определяют расход теплоты Q_i на подогрев наружного воздуха, поступающего в i -е помещение вследствие работы естественной вытяжной вентиляции.

Во втором расчете определяют расход теплоты Q_i на подогрев наружного воздуха, проникающего в это же помещение через неплотности ограждений вследствие теплового и ветрового давлений. Для определения расчетных

потерь теплоты помещениями принимают наибольшую величину из определенных по нижеприведенным формулам (3.2) и (3.4).

Первый расчет. Расход теплоты Q_i , Вт, определяют по формуле

$$Q_i = 0,28 L \rho_n c (t_{вн} - t_n^B), \quad (3.2)$$

где L – расход удаляемого воздуха, м³/ч, принимаемый для жилых зданий 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений и кухни; ρ_n – плотность наружного воздуха, кг/м³; c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж / (кг · °С).

Удельный вес γ , Н/м³ и плотность воздуха ρ , кг/м³, могут быть определены по формулам:

$$\gamma = 3463 / (273 + t), \quad \rho = \gamma / g, \quad (3.3)$$

где t – температура воздуха, °С; $g = 9,81$ м/с².

Второй расчет. Расход теплоты Q_i на подогрев наружного воздуха, проникающего в помещения через неплотности ограждений вследствие теплового и ветрового давлений, определяют

$$Q_i = 0,28 G_i c (t_{вн} - t_n^B) k, \quad (3.4)$$

где G_i – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции; k – коэффициент учета встречного теплового потока, принимаемый для окон и балконных дверей с раздельными переплетами равным 0,8, для одинарных окон и окон со спаренными переплетами – 1,0.

Для окон и балконных дверей величину G_i , кг/ч, определяют как

$$G_i = 0,216 \Sigma F \Delta P_i^{0,67} / R_{и}, \quad (3.5)$$

где ΔP_i – разность давлений воздуха, Па, на наружной P_n и внутренней поверхностях $P_{вн}$ окон или дверей; ΣF – расчетные площади ограждений, м²; $R_{и}$ – сопротивление воздухопроницанию ограждения, м² ч/кг, принимаемое по [3] или прил. 3. В панельных зданиях определяют дополнительный расход инфильтрующегося воздуха через стыки панелей [2, прил. 10].

Разность давлений воздуха ΔP_i , Па, определяют из уравнения

$$\Delta P_i = (H - h_i) (\gamma_n - \gamma_{вн}) + 0,5 \rho_n V^2 (C_{e,n} - C_{e,p}) k_1 - P_{int}, \quad (3.6)$$

где H – высота здания, м, от уровня земли до устья вентиляционной шахты (в бесчердачных зданиях устье шахты располагают на 1 м выше кровли, в зданиях с чердаком на 4–5 м выше верха чердачного перекрытия); h_i – расстояние, м, от уровня земли до верха окон или балконных дверей, для

которых определяется расход воздуха; γ_n , $\gamma_{вн}$ – удельные веса наружного и внутреннего воздуха, определяемые по формуле (3.3); V – расчетная скорость ветра, м/с, принимаемая по прил. 2; $C_{e,n}$ и $C_{e,p}$ – аэродинамические коэффициенты здания соответственно для наветренной и подветренной поверхностей. Для здания прямоугольной формы $C_{e,n} = 0,8$, $C_{e,p} = -0,6$; k_1 – коэффициент учета изменения скоростного напора ветра в зависимости от высоты здания; P_{int} – условно-постоянное давление воздуха, Па, возникающее при работе вентиляции с искусственным побуждением, для жилых зданий $P_{int} = 0$.

Схема расположения описанных параметров приведена на рис. 3.2.

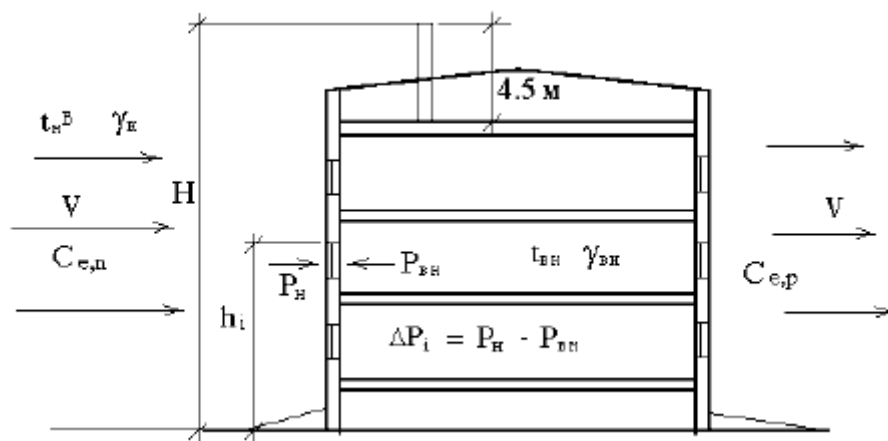


Рис. 3.2. Схема параметров, определяющих инфильтрацию воздуха через оконный проем (обозначения приведены в экспликации к формуле (3.6))

Коэффициент k_1 принимается при высоте ограждения над поверхностью земли до 5,0 м равным 0,5, при высоте до 10 м – 0,65, до 20 м – 0,85, более 20 м – 1,1.

Расчетные теплототери помещения, Вт, определяют как

$$Q_{расч} = \Sigma Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт}, \quad (3.7)$$

где $\Sigma Q_{огр}$ – суммарные теплототери через ограждения помещения; $Q_{инф}$ – наибольший расход теплоты на подогрев инфильтрующегося воздуха из расчетов по формулам (3.2) и (3.4); $Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения от электрических приборов, освещения и других источников тепла, принимаемые для жилых помещений и кухонь в размере 21 Вт на 1 м² площади пола. Результаты расчета вносятся в таблицу.

Пример 1. (К разделам 2, 3). *Определение термических сопротивлений ограждающих конструкций и теплототерь помещения жилого дома.*

Исходные данные: фрагменты плана и разреза здания приведены на рис. 3.3.

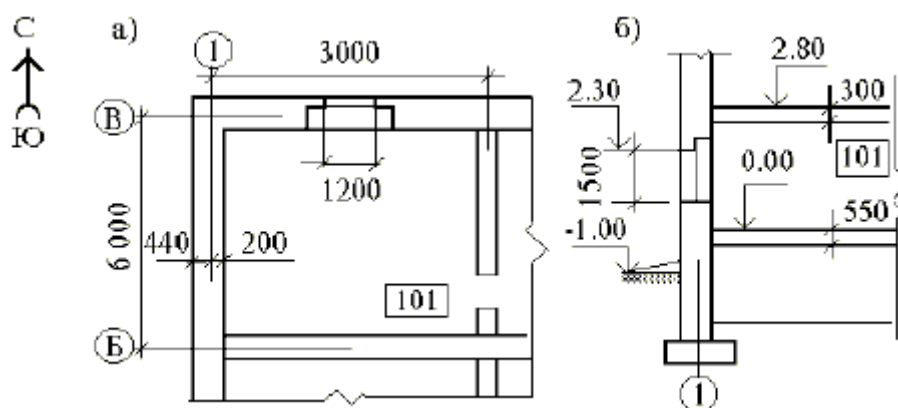


Рис. 3.3. Фрагменты чертежей здания: а – план; б – разрез

Объект строительства расположен в г. Владивостоке. Расчет выполняется для помещения 101 – жилой комнаты, расположенной на первом этаже пятиэтажного здания. Высота здания от уровня земли до устья вентиляционной шахты $H = 15,1$ м.

Здание в плане прямоугольной формы. Подвал здания неотапливаемый, без световых проемов. Конструкции стены и перекрытия над подвалом показаны на рис. 3.4, 3.5. Окно выполнено с двойным остеклением в отдельных деревянных переплетах. Ориентация здания по странам света указана на фрагменте плана.



Рис. 3.4. Схема конструкции наружной стены

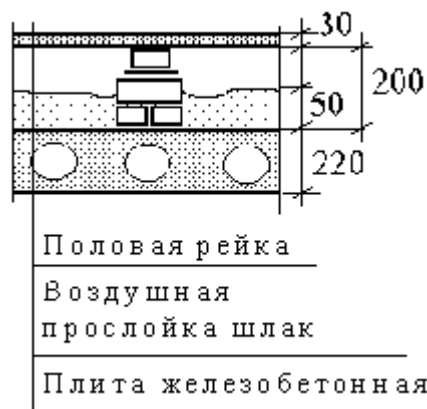


Рис. 3.5. Конструкция перекрытия над подвалом

Расчетная внутренняя температура жилой комнаты $t_{вн}$ принята по прил. 1 равной 20°C . Расчетные температура наружного воздуха $t_n^B = -24^\circ \text{C}$ и скорость воздуха $V = 6,1$ м/с для г. Владивостока определены по прил. 2.

Решение. Расчеты начинают с определения термических сопротивлений ограждений, для рассматриваемого помещения это наружные стены, окно и перекрытие над подвалом.

Термическое сопротивление ограждений определяют по формуле (2.1). Данные для расчета термического сопротивления стены $R_{0 \text{ стены}}$: $\alpha_v = 8,7$

Вт/м²·°С и $\alpha_n = 23$ Вт/м²·°С приняты по табл. 2.1; коэффициенты теплопроводности кирпичной кладки $\lambda_{кл} = 0,87$ Вт/м·°С и штукатурки $\lambda_{шт} = 0,81$ Вт/м·°С приняты по прил. 3.

В итоге термическое сопротивление для стены:

$$R_{0 \text{ стены}} = 1/8,7 + 0,64/0,87 + 0,02/0,81 + 1/23 = 0,92 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}.$$

По аналогии с предыдущим расчетом, для перекрытия над подвалом $\alpha_v = 8,7$ Вт/м²·°С, $\alpha_n = 12$ Вт/м²·°С, коэффициенты теплопроводности половой рейки – 0,18 Вт/м·°С, шлака – 0,2 Вт/м·°С, железобетона – 2,04 Вт/м·°С. Термическое сопротивление воздушной прослойки принято по табл. 2.2 – $R_{в.п} = 0,18$ м²·°С/Вт. По формуле (2.1) вычислено

$$R_{0 \text{ перекр}} = 1/8,7 + 0,03/0,18 + 0,05/0,2 + 0,22/2,04 + 1/12 + 0,18 = 1,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}.$$

Аналогично рассчитывается R_0 для чердачного или бесчердачного перекрытия последнего этажа.

По прил. 3 термическое сопротивление окон принято $R_{0 \text{ окон}} = 0,39$ м²·°С /Вт, сопротивление воздухопроницанию – $R_{и} = 0,26$ м²/ч·кг. Площадь окон $F_{окон} = 1,8$ м².

Расчет теплотерь всех ограждений помещения выполнен по формуле (3.1) и сведен в табл. 3.3. В расчетах добавочные теплотери приняты по табл. 3.1, а значения коэффициента n по табл. 3.2. Бытовые теплотери определены по зависимости

$$Q_{быт} = 21 F_{пола} = 21 \cdot 16,24 = 341 \text{ Вт},$$

где $F_{пола}$ – площадь пола помещения, м².

Расход теплоты на подогрев инфильтрующегося воздуха, определяемый по формуле (3.2), выполнен по следующим данным:

$$L = 3 F_{пола} = 3 \cdot 16,24 = 48,72 \text{ м}^2;$$

$$c = 1 \text{ кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ \text{С});$$

$$\gamma_n = 3463 / (273 - 24) = 13,92 \text{ Н/м}^3;$$

$$\rho_n = 13,92 / 9,8 = 1,42 \text{ кг/м}^3 \text{ [см. формулу (3.3)].}$$

В итоге $Q_{101} = 0,28 \cdot 48,72 \cdot 1,42 \cdot (20 + 24) = 850 \text{ Вт}.$

Расход теплоты на подогрев воздуха, проникающего в помещение вследствие ветрового и теплового давления [формула (3.4)] определяют

только для окна, так как инфильтрация через кирпичные стены незначительна. Расчет начинают с определения разности давлений воздуха на наружную и внутреннюю поверхности окна по формуле (3.6).

Таблица 3.3

Определение теплотерь помещений

Номер помеще- ния	Назначе- ние	Характеристики ограждения					$t_{вн}-$ $-t_{нв},$ $^{\circ}\text{C}$	n	$R_0,$ $\text{м}^2\text{K/Вт}$	Добавочные теплотери		$Q_{огр},$ Вт	$Q_{инф},$ Вт	$Q_{быт},$ Вт	$Q_{расч},$ Вт
		Наименование	Ориентация	Размеры, м	$F, \text{м}^2$	$t_{вн},$ $^{\circ}\text{C}$				на ориентацию	на угловые помещения				
101	Жилая комната	НС-1	З	6,44× ×3,25	20,93			1	0,92	0,05	0,05	1101	850	341	2620
		НС-2	С	3,44× ×3,25	9,38	20	44	1	0,92	0,1	0,05	516			
		Окно	С	1,5× ×1,2	1,8			1	0,39	0,1	0,05	234			
		ПП	–	5,8 × ×2,8	16,24			0,6	1,65	–	–	260			
		$\Sigma Q_{огр} = 2111$													
102	Расчет выполняется аналогично для всех помещений по заданию														

Примечание. НС-1 – наружная стена 1; НС-2 – наружная стена 2; ПП – перекрытие над подвалом. Остальные обозначения описаны в формулах к разделам 2, 3. Расчетные теплотери $Q_{расч}$ следует округлять до 10 Вт.

В формуле: $H = 15,1 \text{ м}$; $h = 3,3 \text{ м}$; $\gamma_n = 13,92 \text{ н/м}^3$; $\rho_n = 1,42 \text{ кг/м}^3$; $V = 6,1 \text{ м/с}$ определены выше; для вертикальных поверхностей здания $C_{e,n} = 0,8$, $C_{e,p} = 0,6$. Для жилого здания $P_{int} = 0$. Коэффициент $k_1 = 0,5$, так как рассматриваемое ограждение располагается над поверхностью земли на высоте до 5 м.

По формуле (3.3)

$$\gamma_{вн} = 3463 / (273 + 20) = 11,8 \text{ Н/м}^3.$$

В итоге расчета по формуле (3.6)

$$\Delta P_{ок} = (15,1 - 3,3) \cdot (13,92 - 11,8) + 0,5 \cdot 1,42 \cdot 6,1^2 \cdot (0,8 + 0,6) \cdot 0,5 - 0 = 43,27 \text{ Па}.$$

Расход инфильтрующегося через окно воздуха определяют по формуле (3.5)

$$G_{101} = 0,216 \cdot 43,27^{0,67} \cdot 1,8 / 0,26 = 64,7 \text{ кг/ч}.$$

Расход теплоты, необходимый для подогрева этого воздуха, определяют по формуле (3.4)

$$Q_{101} = 0,28 \cdot 64,7 \cdot 1 \cdot (20 + 24) \cdot 0,8 = 637 \text{ Вт}.$$

В итоговый расчет определения теплотерь помещения (табл. 3.3) принято большее из двух определений расхода теплоты на подогрев инфильтрующегося воздуха, т. е. $Q_{инф} = 850 \text{ Вт}$.

Расчетные теплотери помещения определены по формуле (3.7) и составляют $Q_{расч} = 2211 + 850 - 341 = 2620 \text{ Вт}$. В соответствии с указаниями норм [2] теплотери округляются до 10 Вт.

Аналогично рассчитывают (или назначают) теплотери других помещений.

Вопросы для самопроверки

- 1. Какие виды теплотерь необходимо учесть в проекте?
- 2. От каких факторов зависит расход инфильтрующегося наружного воздуха?
- 3. Как учитывается в расчетах теплотерь положение ограждений по отношению к наружному воздуху?
- 4. Учитываются ли в определении расчетных потерь тепла тепловыделения?

4. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Выбор системы отопления начинается с выбора источника теплоснабжения, в качестве которого могут быть тепловые сети централизованного теплоснабжения или собственный источник тепла (котельная) и определяется местными условиями. В курсовом проекте источник теплоснабжения и параметры теплоносителя в нем, как правило, заданы. Для систем водяного отопления рекомендуемая последовательность принятия решений приведена на рис. 4.1.

Кроме воды, в системе отопления проектируемого здания могут быть и другие теплоносители: пар или воздух. Паровое и воздушное отопление имеет ограниченное применение и разрешается только в некоторых общественных или промышленных зданиях [5, прил. 10].



Рис. 4.1. Рекомендуемая последовательность выбора конструкции системы водяного отопления

В системах водяного отопления температура подаваемой воды определяется назначением здания, чем более высокие санитарно-гигиенические требования предъявляются к климату помещений, тем ниже должна быть температура теплоносителя. Например, в спортивных сооружениях предельная температура воды составляет $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в больницах – $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. В жилых зданиях предельная температура теплоносителя ограничивается значением $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ для двухтрубных систем отопления и $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ – для одноконтурных.

Действующие нормы [2] предписывают в общественных и административно-бытовых зданиях, как правило, проектировать водяные одноконтурные системы отопления с искусственным побуждением циркуляции жидкости. Но в настоящее время все чаще применяют системы водяного отопления от домовой котельной с естественной циркуляцией.

В системах с искусственным побуждением устанавливается циркуляционный насос. Эти системы требуют повышенной надежности электроснабжения, но меньших капиталовложений, так как возможны большие скорости движения воды и меньшие диаметры труб.

При малой этажности чаще применяют двухтрубные, в других случаях – одноконтурные системы водяного отопления. Одноконтурные системы проще в регулировке и монтаже, в двухтрубных во все приборы поступает вода с одним значением температуры, в результате чего требуется меньшая площадь приборов.

Подключение систем отопления к тепловым сетям возможно по открытой (рис. 4.2) и закрытой (рис. 4.3) схемам теплоснабжения.

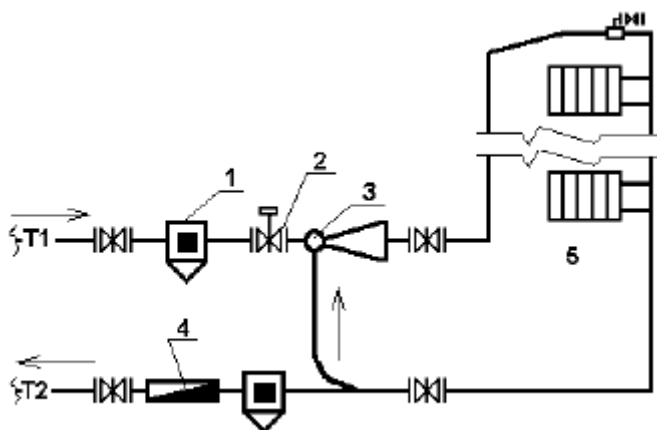


Рис. 4.2. Тепловой узел системы отопления, присоединяемой к теплосетям по открытой схеме: 1 – грязевик; 2 – регулятор расхода; 3 – гидроэлеватор; 4 – расходомер; 5 – система отопления

В открытых схемах подключение системы к тепловой сети производится с гидроэлеватором (водоструйным насосом). Элеватор осуществляет

снижение температуры сетевой воды перед системой отопления от 130–150 °С до 95–105 °С путем подмешивания охлажденной воды из обратного трубопровода системы отопления. Для нормальной работы гидроэлеватора требуется разность давлений в подающем и обратном трубопроводах теплосети не менее 0,08–0,15 МПа. Циркуляция воды в этой системе отопления осуществляется за счет перепада давлений в трубопроводах теплосети. Такие системы отопления просты и относительно дешевы, но создают большие проблемы в работе ТЭЦ и тепловых сетей, так как в системах теряется дорогая, химически очищенная вода. В результате в пики отопительного сезона в теплосеть приходится подавать недостаточно очищенную воду, что приводит к сильной коррозии трубопроводов и оборудования. Применение такой системы возможно только при определенном составе воды.

Создание системы теплоснабжения по открытой схеме в г. Хабаровске признано ошибочным на уровне Правительства РФ, предусмотрены меры по ее реконструкции.

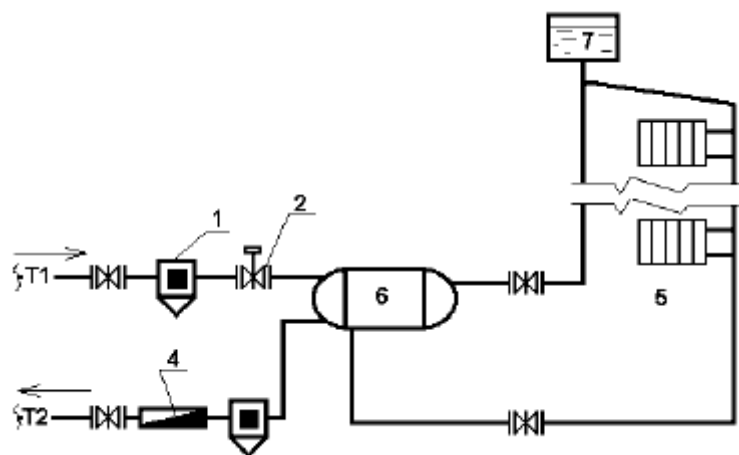


Рис. 4.3. Тепловой узел в системе отопления с естественной циркуляцией и закрытой схемой теплоснабжения: 1–5 – см. обозначения на рис. 4.2; 6 – водонагреватель; 7 – расширительный сосуд

В закрытых схемах теплоснабжения присоединение к теплосетям производится с помощью водонагревателя. В результате система отопления является гидравлически изолированной от тепловой сети, давление в которой не влияет на давление в системе отопления. Потери воды в системе отопления не сказываются на наполненности теплосети. Такое подключение является единственно возможным для отдельных высоких зданий в случаях, если напор в теплосети недостаточен для заполнения отопительных приборов в верхних этажах. В этих системах водонагреватель играет роль котла, при небольшой протяженности такая система может быть с естественной циркуляцией, при большой – с насосной. Водонагреватели, насосы и другое оборудование устанавливают в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП) при теплоснабжении одного здания или в центральных (ЦТП) – при теплоснабжении нескольких зданий.

1. Какие теплоносители используются в системах отопления?
2. От каких факторов зависит предельная температура воды в системах отопления?
3. Начертите схемы тепловых узлов при подключении системы отопления по открытой и закрытой схемам.
4. Какова роль элеватора в системе отопления?

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

После принятия основных решений по конструкции системы отопления намечают места установки нагревательных приборов. Приборы должны быть установлены под каждым окном, в угловых комнатах должен быть прибор и у наружной стены, даже при отсутствии в ней окна. Нагревательные приборы на лестничных клетках размещают, как правило, только на первом этаже, в зданиях повышенной этажности приборы могут дополнительно устанавливаться на лестничных площадках до 3–4 этажа.

Затем размещают стояки. Обязательна установка стояков в углах помещений, образованных наружными стенами. В жилых зданиях рекомендуется открытая прокладка стояков. Для отопления лестничной клетки предусматривается отдельный стояк (или два стояка – восходящий и нисходящий при нижней разводке магистралей). Главный стояк (при верхней разводке) устанавливается на лестничной клетке или в общем коридоре.

Число стояков зависит от способов присоединения к ним нагревательных приборов (рис. 5.1).

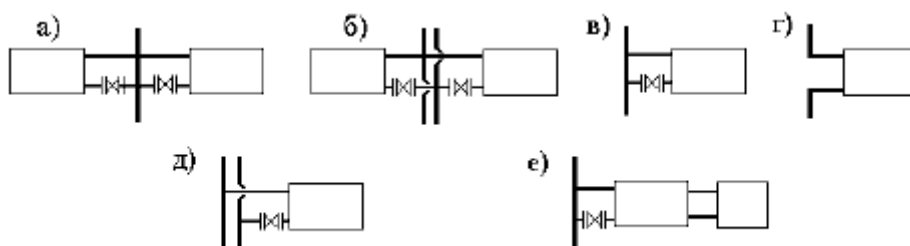


Рис. 5.1. Варианты присоединения нагревательных приборов к стоякам: а – двухстороннее в однотрубной системе отопления; б – то же в двухтрубной системе; в, д – одностороннее; г – по проточной схеме; е – присоединение прибора на цепке

При одностороннем присоединении приборов появляется возможность применения унифицированных узлов заводского изготовления, что ускоряет и удешевляет монтаж, при двухстороннем – уменьшается число стояков. Присоединение по проточной схеме обязательно для приборов на лестничной клетке и в других помещениях, где имеется опасность замерзания, на цепке разрешается присоединение приборов только во вспомогательных помещениях (кладовых и т. п.).

По месту расположения подающих магистралей различают системы с верхней и нижней разводкой. При наличии в здании чердака может приниматься либо верхняя, либо нижняя разводка трубопроводов, при

отсутствии чердака – только нижняя. Верхняя разводка более благоприятна для работы системы, так как из нее более просто удаляется воздух и в ней несколько больше естественное давление, возникающее за счет остывания воды в нагревательных приборах. Нижняя разводка позволяет избежать затопления квартир при авариях и удобнее в обслуживании.

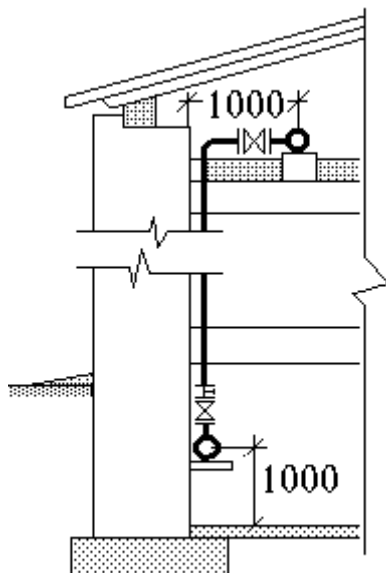


Рис. 5.2. Расположение магистралей системы отопления

При верхней разводке все стояки – нисходящие, к ним на каждом этаже присоединяется по одному или по два прибора. При нижней разводке стояки имеют восходящую и нисходящую части. Приборы могут быть присоединены к обеим частям или, как это зачастую практикуется в г. Хабаровске, – только к нисходящей части. Расположение магистралей на чердаке и в подвале показано на рис. 5.2.

Студент в своем проекте должен самостоятельно сделать выбор конструкции системы отопления и обосновать решения. Примеры различных схем и конструкций систем водяного отопления приведены в [4–6].

После расстановки стояков на плане этажа места их размещения переносят на план подвала и чердака (при верхней разводке), производят трассировку подающих и обратных магистралей вдоль стен здания, назначают места ввода теплоносителя в подвал здания и размещают тепловой пункт.

Затем строят аксонометрическую схему системы отопления с указанием всех отопительных приборов, стояков, магистралей, теплового пункта, воздухоотборников, запорной и регуливающей арматуры, а также устройств для впуска воздуха и слива воды. Запорную арматуру (вентили, пробковые краны) устанавливают на вводе в здание (на подающем и обратном трубопроводах), разветвлениях магистралей и стояках в местах их присоединения к магистралям. Для регулирования теплоотдачи приборов

предусматривают трехходовые краны, краны двойной регулировки или вентили [4, рис. 7.12]. Для выпуска воды из системы устанавливают тройники с заглушками, размещаемые в нижних точках стояков. Для выпуска воздуха при нижней разводке на приборах верхних этажей устанавливают краны Маевского [4, рис. 7.2]. В закрытых системах водяного отопления устанавливают расширительный бак, он же в системах с естественной циркуляцией служит для удаления воздуха. В системах с насосной циркуляцией воздухоотборники устанавливают в конечных точках подающих магистралей.

Пример конструкции системы отопления приведен в прил. 11–13.

Вопросы для самопроверки

1. Где устанавливаются нагревательные приборы? Как они подсоединяются к системе отопления?
2. Как классифицируются системы отопления по расположению магистралей? Каковы достоинства и недостатки различного положения подающей магистрали?
3. Каковы особенности двухтрубных и однотрубных систем отопления?
4. Где должна устанавливаться запорно-регулирующая арматура?

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Расчет заключается в подборе диаметров трубопроводов системы отопления таким образом, чтобы при расчетных расходах теплоносителя потери давления во всех циркуляционных кольцах были не более расчетного циркуляционного давления ΔP_p . В качестве расчетной схемы системы используют аксонометрическую схему.

Расчет рекомендуется выполнять в следующем порядке.

1. Выбирают расчетные циркуляционные кольца, главным из которых является кольцо, имеющее наибольшую длину. В реальных проектах проводят расчет всех колец, в учебном – число колец ограничено, но расчеты наибольшего и наименьшего по длине колец обязательны. На аксонометрической схеме нумеруют все участки рассчитываемых колец системы. Границами участков являются точки слияния или разделения потоков.

На схеме приводят тепловые нагрузки нагревательных приборов. В курсовом проекте можно не учитывать потери теплоты в теплопроводах, проходящих в неотапливаемых помещениях, и потоки теплоты, поступающие в помещения от расположенных в них труб. В этом случае тепловые нагрузки нагревательных приборов равны теплотерям помещений, в которых они расположены.

Для всех расчетных участков циркуляционных колец приводят их расчетные потоки теплоты $Q_{уч}$, Вт, и длины l , м.

2. Расчетные потоки теплоты для участков системы определяют по формуле

$$Q_{уч} = \sum Q_1 \beta_{1\beta 2} + Q_2 + Q_3,$$

где ΣQ_1 – сумма тепловых нагрузок нагревательных приборов, к которым подводится или от которых отводится теплоноситель по данному участку; Q_2 и Q_3 – потери теплоты от остывания воды в магистралях и поток теплоты в помещение от расположенных в них трубах; β_1 и β_2 – коэффициенты условий работы прибора (прил. 6).

Как уже было сказано выше, в данном проекте возможно принять $Q_2 = 0$ и $Q_3 = 0$, формула тогда приобретает вид

$$Q_{уч} = \Sigma Q_1 \beta_1 \beta_2. \quad (6.1)$$

3. Определяют циркуляционное давление для каждого рассчитываемого кольца ΔP_p , Па.

В системах с естественной циркуляцией

$$\Delta P_p = \Delta P_e; \quad (6.2)$$

$$\Delta P_e = \Delta P_{e. пр} + \Delta P_{e. тр}, \quad (6.3)$$

где $\Delta P_{e. пр}$ – давление, возникающее за счет остывания воды в приборах; $\Delta P_{e. тр}$ – то же за счет остывания воды в трубах, $\Delta P_{e. тр}$ учитывают только для систем с верхней разводкой и определяют по справочным данным [4, прил. 4]. В курсовом проекте $\Delta P_{e. тр}$ принимать 150 Па.

Давление, возникающее за счет остывания воды в приборах, определяют для систем с естественной и насосной циркуляцией по одним формулам. Пример расчетных схем его определения в различных системах дан на рис. 6.1, 6.2.

Для двухтрубных систем водяного отопления

$$\Delta P_{e. пр} = gh (\rho_o - \rho_e), \quad (6.4)$$

где h – расстояние от центра котла или водонагревателя до центра нагревательного прибора в расчетном кольце, м; ρ_o и ρ_e – плотности горячей и охлажденной воды в системе отопления, кг/м³.

Для одноктрубных систем водяного отопления при верхней разводке

$$\Delta P_{e. пр} = gh_{пр} (\rho_o - \rho_e) + gh_1 (\rho_{см1} - \rho_e) + gh_2 (\rho_{см2} - \rho_e) + \dots, \quad (6.5)$$

где $h_{пр}$ – вертикальное расстояние от центра генератора тепла до центра нагревательного прибора первого этажа, м; h_1 , h_2 и т. д. – вертикальное расстояние от центра нагревательных приборов одного этажа до центра приборов следующего этажа, м; ρ_e , $\rho_{см1}$, $\rho_{см2}$, ..., ρ_o – плотности воды, поступающей в систему, смеси воды на соответствующем участке и охлажденной воды, кг/м³. В системах с нижней разводкой и размещением

нагревательных приборов на нисходящей и восходящей частях стояка в формуле (6.5) для участков, соответствующих h_1 , h_2 и т.д., вместо ρ_e подставляют плотности воды на соответствующих участках восходящего стояка.

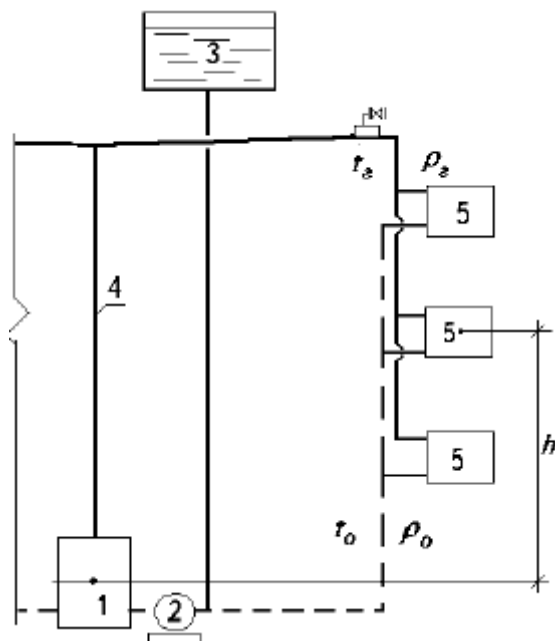


Рис. 6.1. Расчетная схема двухтрубной системы водяного отопления с насосной циркуляцией: 1 – генератор тепла; 2 – насос; 3 – расширительный сосуд; 4 – главный стояк; 5 – нагревательные приборы; буквенные обозначения см. экспликацию к формуле (6.4)

Плотности воды определяются в зависимости от ее температуры по справочным данным [4, прил. 3] или по прил. 5. Температуру воды на участках стояка однотрубной системы водяного отопления определяют по формуле

$$t_{cm} = t_e - \Sigma Q_i \Delta t_{cm} / Q_{cm}, \quad (6.6)$$

где t_e – температура горячей воды, подаваемой в систему отопления, $^{\circ}\text{C}$; ΣQ_i – суммарная тепловая нагрузка приборов на стояке, расположенных выше (ранее) рассматриваемого участка по течению воды, Вт; Δt_{cm} – перепад температур теплоносителя на стояке, равный разности $(t_e - t_o)$, $^{\circ}\text{C}$; Q_{cm} – тепловая нагрузка стояка, Вт.

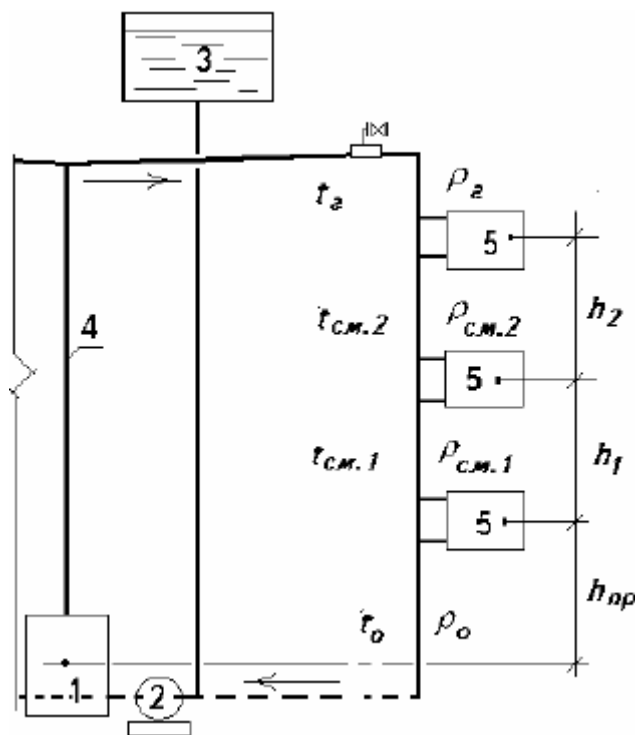


Рис. 6.2. Расчетная схема однотрубной системы водяного отопления с насосной циркуляцией: 1–5 см. рис. 6.1 и экспликацию к формуле (6.5).

В системах с насосной циркуляцией расчетное циркуляционное давление для каждого рассчитываемого кольца ΔP_p , Па, определяют по формуле

$$\Delta P_p = \Delta P_{нас} + E \Delta P_e, \quad (6.7)$$

где $\Delta P_{нас}$ – циркуляционное давление, создаваемое насосом или гидроэлеватором, Па; E – доля естественного давления, которую целесообразно учитывать в расчетах; ΔP_e – естественное давление, вызванное охлаждением воды в системе и определяемое по формуле (6.3).

Обычно принимают $\Delta P_{нас} = 10 \div 12$ кПа, $E = 0,4 \div 0,5$ для двухтрубных или $E=1$ для однотрубных систем отопления.

При теплоснабжении от ТЭЦ или ЦТП и использовании гидроэлеватора (см. рис. 4.2) циркуляционное давление также определяют по формуле (6.7), но $\Delta P_{нас}$ находят как

$$\Delta P_{нас} = \Delta P_c / 1,4(1+U)^2, \quad (6.8)$$

где ΔP_c – перепад давлений в подающей и обратной магистралях ТЭЦ, Па, (по заданию); U – коэффициент смешения, представляющий собой отношение массы подмешиваемой охлажденной воды G_n к массе воды, поступающей из тепловой сети в систему G_c , и определяемый по формуле

$$U = (T - t_2) / (t_2 - t_0), \quad (6.9)$$

здесь T – температура перегретой воды в подающей магистрали ТЭЦ, °С (по заданию); t_e – температура воды, поступающей в систему отопления, °С; t_o – температура воды на выходе из системы отопления, °С, обычно принимаемая равной 70 °С (при подключении к тепловой сети через водонагреватель рекомендуется 60–65 °С).

4. Определяют расходы воды на участках расчетных циркуляционных колец G_{yc} , кг/ч

$$G_{yc} = 3,6 Q_{yc} / c (t_e - t_o), \quad (6.10)$$

где Q_{yc} – расчетные потоки теплоты на участках, определенные по формуле (6.1), Вт; c – теплоемкость воды, равная 4,2 кДж/(кг °С).

5. Назначаются предварительные диаметры трубопроводов участков большого циркуляционного кольца. При этом рекомендуется принимать такие диаметры, для которых при расчетных расходах G_{yc} удельные потери давления на трение R примерно соответствуют среднему значению удельных потерь давления в расчетном циркуляционном кольце R_{cp}

$$R_{cp} = 0,65 \Delta P_p / \Sigma l \quad (6.11)$$

где 0,65 – ориентировочная доля потерь давления по длине от общих потерь; ΔP_p – расчетное циркуляционное давление для рассчитываемого кольца по п. 3, Па; Σl – суммарная длина участков кольца, м.

Расчет ведется с помощью таблиц или номограммы (прил. 10) для гидравлического расчета трубопроводов систем водяного отопления. Отсюда по определенным значениям G_{yc} и R_{cp} находят ориентировочные значения диаметров участков.

Например, расчетный расход $G_{yc} = 1000$ кг/ч, $R_{cp} = 1,9$ Па/м, из номограммы находят диаметр участка $d = 70$ мм. По этой же номограмме при расчетном расходе и выбранном диаметре участка определяются расчетные удельные потери давления на участке $R = 2,1$ Па/м и скорость движения воды $V = 0,091$ м/с.

Аналогичным образом определяют параметры для всех участков кольца. Задачей расчета является подбор таких диаметров трубопроводов, при которых суммарные потери давления всех участков в расчетном кольце $\Sigma (Rl + Z)$ будут меньше расчетного циркуляционного давления ΔP_p с запасом до 10–15 %, т. е. должно соблюдаться условие

$$\Sigma (Rl + Z) < \Delta P_p, \quad (6.12)$$

где l – длина участков, м; Rl – потери давления по длине участка; Z – потери давления в местных сопротивлениях, Па; $Rl+Z$ – суммарные потери давления на участке;

$$Z = \sum \xi \rho V^2 / 2, \quad (6.13)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке, принимаемых по прил. 7, 8; ρ – плотность воды, принимаемая в этом расчете для всех участков равной 980 кг/м^3 ; V – скорость движения воды на участке, м/с.

Комплекс $\rho V^2 / 2 = P_v$ называется динамическим давлением, он определяется по прил. 10. Формула (6.13) приводится к виду

$$Z = \sum \xi P_v. \quad (6.14)$$

Если с первой попытки не удастся выполнить требования неравенства (6.12), следует изменить диаметры трубопроводов на одном или нескольких участках, что приведет к увеличению или уменьшению $\sum (Rl+Z)$.

6. Для того чтобы общий расход теплоносителя распределялся по всем стоякам в соответствии с их расчетной нагрузкой, необходимо обеспечить равенство потерь давления при пропуске расчетных расходов теплоносителя во всех кольцах. В курсовом проекте такой расчет выполняется для двух колец.

При сравнении потерь давления общие участки из суммирования исключают и условие имеет вид

$$\sum (Rl+Z)_{\text{необщих участков большого кольца}} \approx \sum (Rl+Z)_{\text{необщих участков малого кольца}}. \quad (6.15)$$

Невязка может составлять до 15 %. Потери давления на необщих участках малого кольца определяются точно так же, как и для участков большого кольца.

Малое кольцо обычно имеет только один участок, необщий с большим кольцом, – стояк. Путем подбора диаметра этого стояка или изменения диаметров необщих участков большого кольца следует добиться выполнения условия (6.15).

Все расчеты выполняют в табличной форме (см. пример 2).

Пример 2. Конструирование и расчет системы отопления жилого дома.

Исходные данные: характеристика здания приведена в примере 1, планы верхнего этажа и подвала – в прил. 13, 14. Здание чердачного помещения не

имеет. Теплотери всех помещений здания ориентировочно назначены по данным расчетов в примере 1 и приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Теплотери помещений жилого здания, Вт

5-й этаж											
<u>501</u> 2460	<u>502</u> 1300	ЛК-1	<u>503</u> 1300	<u>504</u> 1300	<u>505</u> 1300	<u>506</u> 1300	<u>507</u> 1300	<u>508</u> 1300	ЛК-2	<u>509</u> 1300	<u>510</u> 2460
<u>520</u> 2460	<u>519</u> 1300		<u>518</u> 1300	<u>517</u> 2600	<u>516</u> 1300	<u>515</u> 1300	<u>514</u> 2600	<u>513</u> 1300		<u>512</u> 1300	<u>511</u> 2460
2, 3, 4-й этажи											
201– <u>401</u> 2200	202– <u>402</u> 1000	ЛК-1	203– <u>403</u> 1000	204– <u>404</u> 1000	205–405 1000	206–406 1000	207– <u>407</u> 1000	208– <u>408</u> 1000	ЛК-2	209– <u>409</u> 1000	210– <u>410</u> 2200
220– <u>420</u> 2200	219– <u>419</u> 1000		218– <u>418</u> 1000	217–417 2000		216–416 1000	215–415 1000	214–414 2000		213– <u>413</u> 1000	212– <u>412</u> 1000
1-й этаж											
<u>101</u> 2620	<u>102</u> 1400	ЛК-1 5700	<u>103</u> 1400	<u>104</u> 1400	<u>105</u> 1400	<u>106</u> 1400	<u>107</u> 1400	<u>108</u> 1400	ЛК-2 5700	<u>109</u> 1400	<u>110</u> 2620
<u>120</u> 2620	<u>119</u> 1400		<u>118</u> 1400	<u>117</u> 2800	<u>116</u> 1400	<u>115</u> 1400	<u>114</u> 2800	<u>113</u> 1400		<u>112</u> 1400	<u>111</u> 2620

Примечание. ЛК – лестничная клетка; в каждой ячейке таблицы в числителе – номера помещений, курсивом в знаменателе – теплотери, Вт. Условно теплотери лестничных клеток показаны на схеме первого этажа. Суммарные теплотери здания $Q_{зд} = \sum Q_{помещ} = 160720$ Вт.

В качестве источника теплоснабжения задана ТЭЦ, теплоноситель – вода с температурами 130–70 °С, давление в подающем трубопроводе – 0,6 МПа, в обратном – 0,5 МПа.

Решение. В здании принята однотрубная система водяного отопления с нижней разводкой с параметрами теплоносителя $t_e = 105$ °С, $t_o = 70$ °С. Тепловой узел с гидроэлеватором размещен в подвале здания, подающие и циркуляционные магистрали проложены в подвале вдоль продольных наружных стен с уклоном 0,003 в сторону ввода.

Стояки проложены открыто. Нагревательные приборы присоединены к восходящим и нисходящим ветвям стояков. В узлах присоединения нагревательных приборов к стоякам предусмотрены смещенные замыкающие участки и краны двойной регулировки типа КРДШ.

В качестве нагревательных приборов использованы чугунные секционные радиаторы МС-140-108. На разветвлениях трубопроводов в качестве запорной арматуры предусмотрены пробковые краны. Для опорожнения стояков в их нижней части предусмотрены тройники с заглушками, для

удаления воздуха из системы на приборах верхнего этажа установлены краны Маевского.

Лестничные клетки оборудованы самостоятельными стояками, каждый с двумя нагревательными приборами, присоединенными по проточной схеме.

На планах здания (прил. 13, 14) показано положение основных элементов системы отопления, в прил. 15 – ее аксонометрическая схема.

Расчет системы в данном примере проводится для двух циркуляционных колец. Большое кольцо проходит через стояк 1 (участки 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13), малое – через стояк 4 (участки 1 – 2 – 3 – 14 – 11 – 12 – 13).

Расчетное циркуляционное давление ΔP_p в кольцах системы определяют по формуле (6.7). Значением естественного давления от остывания воды в приборах $\Delta P_{пр}$ в данной системе можно пренебречь по следующим причинам. В системе есть восходящие ветви стояков, в которых охлаждение воды в приборах уменьшает $\Delta P_{пр}$, и нисходящие, в которых происходит увеличение $\Delta P_{пр}$. Разница между этими составляющими ничтожна по сравнению с давлением, создаваемым элеватором. Дополнительное давление от охлаждения воды в трубах учитывается лишь для систем с верхней разводкой. Поэтому формула (6.7) в рассматриваемом случае имеет вид

$$\Delta P_p = \Delta P_{нас}.$$

Исходные данные для расчета: $t_e = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_o = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Перепад давления в теплосети $\Delta P_c = 0,6 - 0,5 = 0,1\text{ МПа}$.

По формуле (6.9): $U = (130 - 105)/(105 - 70) = 0,71$.

По формуле (6.8) для всех колец рассчитываемой системы

$$\Delta P_p = \Delta P_{нас} = 0,1/1,4 (1+0,71)^2 = 0,0244\text{ МПа} = 24400\text{ Па}.$$

Для всех расчетных участков по формуле (6.1) определены и указаны на схеме расчетные расходы теплоты. Коэффициенты условий работы приборов по прил. 6 приняты равными $\beta_1 = 1,04$, $\beta_2 = 1,02$.

Расходы воды определены по формуле (6.10).

Все расчеты сведены в табл. 6.2. Диаметры трубопроводов на участках назначены такими, при которых удельные потери давления на трение примерно соответствуют $R_{ср}$ из определения по формуле (6.11) при суммарной длине участков в кольце $\Sigma l = 81\text{ м}$:

$$R_{cp} = 0,65 \cdot 24400 / 81 = 195,8 \text{ Па/м.}$$

Таблица 6.2

Таблица гидравлического расчета системы отопления

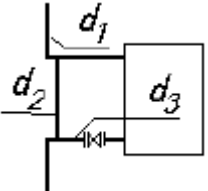
Номер участка	Q_b Вт	$Q_{ж}$ Вт	G , кг/ч	L , м	d , мм	V , м/с	R , Па/м	RL , Па	$\Sigma \xi$	$P_{ж}$, Па	Z , Па	$(RL+Z)$, Па
Расчет участков большого кольца												
1	160720	170492	4177	7,0	40	0,9	270	1890	3	405	1215	3105
2	80360	85246	2088	4,3	32	0,61	195	838	4	186	744	1582
3	34480	36576	896	3,7	32	0,28	55	203	1	39	39	242
4	23080	24483	600	3,5	32	0,2	26	91	1	24	24	115
5	17080	18437	452	5,0	25	0,25	65	325	1	31	31	356
6	11680	12390	303	3,8	20	0,26	90	342	0,5	34	17	359
7	11680	12390	303	26,4	15	0,46	270	7128	45,5	105	4777	11905
8	11680	12390	303	3,8	20	0,26	90	342	0,5	34	17	359
9	17080	18437	452	5,0	25	0,25	65	325	1	31	31	356
10	23080	24483	600	3,5	32	0,2	26	91	1	24	24	115
11	34480	36576	896	3,7	32	0,28	55	203	1	39	39	242
12	80360	85246	2088	4,3	32	0,61	195	838	4	186	744	1582
13	160720	170492	4177	7,0	40	0,9	270	1890	3	405	1215	3105
Итого												23423
Расчет участка малого кольца												
14	1400	12093	296	26,4	15	0,46	260	6864	46,5	105	4882	11746

Коэффициенты местных сопротивлений на участках определены по прил. 7 и 8 и описаны в табл. 6.3

Таблица 6.3

Описание местных сопротивлений в системе отопления

Номер участка	Диаметр d , мм	Местное сопротивление	Обозначение на схеме	Коэффициент местного сопротивления ξ	$\Sigma \xi$
1 и 13	40	Задвижка		0,5	3,0
		2 отвода 90°		0,5x2	
		Тройник на ответвлении		1,5	
2 и 12	32	Вентиль прямооточный		2	4,0
		Отвод 90°		0,5	
		Тройник на ответвлении		1,5	
3 и 11	32	Тройник на проходе		1	1
4 и 10	25	Тройник на проходе		1	1

5 и 9	25	Тройник на проходе		1	1
6 и 8	20	Отвод 90°		0,5	0,5
7	15	2 проходных крана		2x2	45,5
		2 тройника на проходе		1	
		5 радиаторных узлов с движением воды снизу вверх, d = 15 – 15 – 15		5,1x 5	
		5 радиаторных узлов с движением воды сверху вниз, d = 15 – 15 – 15	То же	2,8x 5	
		2 отвода 90°		0,5x2	
		2 проходных крана		2x2	
14	15	2 тройника на проходе		1x2	46,5
		5 радиаторных узлов с движением воды снизу вверх, d = 20 – 15 – 15		6,1x 5	
		5 радиаторных узлов с движением воды сверху вниз, d = 15 – 15 – 15	То же	2,8x 5	

Для иллюстрации приводится последовательность расчетов для участка 1:

$$Q_{уч} = 160720 \cdot 1,04 \cdot 1,02 = 170492 \text{ Вт},$$

$$G = 3,6 \cdot 170490 / 4,2 (105 - 70) = 4177 \text{ кг/ч}.$$

При принятом диаметре участка 40 мм по прил. 10 определяются $R = 270$ Па/м; $V = 0,9$ м/с и $P_v = 405$ Па.

Потери давления на трение на участке 1

$$RL = 270 \cdot 7,0 = 1890 \text{ Па}.$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений из табл. 6.3 $\sum \xi = 3$. Потери давления в местных сопротивлениях на участке 1 определены по формуле (6.14) $Z = 3 \cdot 405 = 1215$ Па.

Общие потери давления на участке 1:

$$R L + Z = 1890 + 1215 = 3105 \text{ Па}.$$

Аналогично определяют параметры и для остальных участков.

В итоге потери напора в большом кольце составляют 23423 Па, что не превышает расчетного циркуляционного давления $\Delta P_p = 24400$ Па, запас давления составляет $(24400 - 23423) \cdot 100/24400 = 4 \%$. Таким образом, работоспособность расчетного кольца системы отопления при назначенных диаметрах в заданных условиях обеспечена.

В качестве малого кольца рассматривается кольцо, проходящее через стояк 4. Необщие с малым кольцом участки большого кольца – 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Необщий с большим кольцом участок малого кольца – 14.

Проверяем условие уравнения (6.15):

$$\begin{aligned} \Sigma (R+Z)_{\text{необщих участков большого кольца}} = \\ = 115 + 356 + 359 + 11905 + 359 + 356 + 115 = 13565 \text{ Па.} \end{aligned}$$

$$\Sigma (R+Z)_{\text{необщих участков малого кольца}} = 11746 \text{ Па.}$$

Невязка составляет $(13565 - 11746) \cdot 100/13565 = 13 \%$, что вполне допустимо.

Вопросы для самопроверки

1. Найдите циркуляционные кольца в системе, разрабатываемой в проекте. Сколько их?
2. Как находятся расчетные потоки теплоты для участков системы отопления?
3. От чего зависят расчетные циркуляционные давления в системах с естественной и насосной циркуляцией?
4. Назовите особенности определения циркуляционного давления в двух- и однотрубных системах.
5. Назовите цель гидравлического расчета и проверки его правильности.
6. Перечислите местные гидравлические сопротивления в разрабатываемом проекте.
7. Как определяются потери давления в трубопроводах системы?

7. ВЫБОР ТИПА И РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Выбор типа отопительных приборов производится одновременно с выбором системы отопления в соответствии с требованиями норм [2, прил. 11] и рекомендациями справочной литературы [4, гл. 8]. Чем выше требования к микроклимату помещений, тем более высокие требования предъявляются к выбору отопительных приборов. Схемы, характеристики и области применения различных приборов приведены в [4–6].

В жилых зданиях допускается применение радиаторов, панелей и конвекторов, а также отопительных элементов, встроенных в стены, перекрытия и полы.

Расчет заключается в определении площади поверхности F_p и числа элементов отопительных приборов. В реальных проектах рассчитываются все отопительные приборы системы, в курсовом проекте следует рассчитать приборы на стояке, входящем в рассчитанное большое кольцо.

В процессе расчета в первую очередь определяется расчетная плотность теплового потока отопительного прибора $q_{пр}$, Вт/м²,

$$q_{пр} = q_{ном} (\Delta t_{ср}/70)^{1+n} (G_{пр}/0,1)^p c_{пр}, \quad (7.1)$$

где $q_{ном}$ – номинальная плотность теплового потока при стандартных условиях работы, Вт/м², принимается по прил. 9; $\Delta t_{ср}$ – разница средней температуры теплоносителя в приборе и температуры воздуха в помещении, °С; n , p , $c_{пр}$ – коэффициенты, зависящие от типа прибора, приведенные в прил. 9; $G_{пр}$ – расход воды через прибор, кг/ч.

Определение параметров в формуле (7.1) производится по формулам:

- для двухтрубной системы

$$G_{пр} = 3,6 Q_{пр} / c (t_e - t_o); \quad (7.2)$$

- для однотрубной системы

$$G_{пр} = \alpha G_{ст}, \quad (7.3)$$

где $Q_{пр}$ – тепловая нагрузка прибора, Вт; c , t_e , t_o – см. экспликацию к формуле (6.10); α – коэффициент затекания воды в прибор, зависящий от соотношения диаметров в узле прибора и определяемый по прил. 8; $G_{ст}$ – расход воды по стояку по данным гидравлического расчета, кг/ч;

$$\Delta t_{ср} = 0,5(t_{вх} + t_{вых}) - t_{вн}, \quad (7.4)$$

где $t_{вх}$, $t_{вых}$, $t_{вн}$ – соответственно температуры теплоносителя на входе и выходе из отопительного прибора, температура воздуха в помещении, °С:

- для двухтрубных систем $t_{вх} = t_e$, $t_{вых} = t_o$;
- для однотрубных $t_{вх}$ определяют как $t_{см}$ для участка подачи воды в прибор из выражения (6.6), а $t_{вых}$ – из формулы

$$t_{вых} = t_{вх} - Q_{пр} / G_{пр}, \quad (7.5)$$

Расчетная площадь F_p , м², отопительного прибора определяется как

$$F_p = Q_{пр} \beta_1 \beta_2 / q_{пр}. \quad (7.6)$$

При применении чугунных радиаторов определяют расчетное количество секций

$$N_p = F_p \beta_4 / f \beta_3, \quad (7.7)$$

где β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении; β_3 – коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе; f – площадь поверхности нагрева одной секции, м^2 .

Коэффициенты β приведены в прил. 6, а площади f – в прил. 9.

При использовании стальных радиаторов или конвекторов по расчетной площади F_p находят число отопительных приборов, размещаемых в помещении,

$$N = F_p / f. \quad (7.8)$$

Пример 3. Расчет нагревательных приборов.

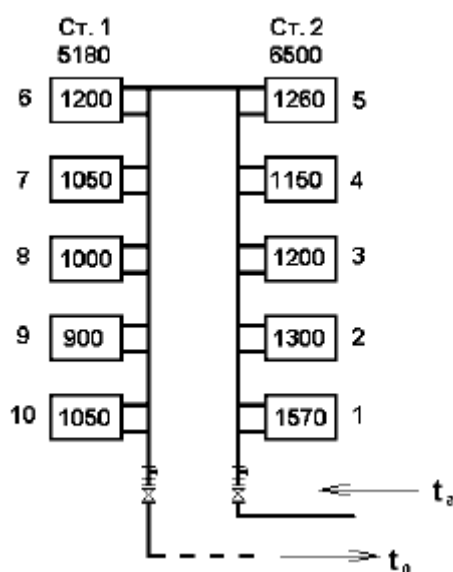


Рис. 7.1. Схема распределения тепловых нагрузок на стояке 1

Исходные данные: здание и систему отопления принять с характеристиками в соответствии с примерами 1 и 2.

В системе отопления приняты к установке секционные радиаторы MC-140-108. В примере показан расчет двух нагревательных приборов в угловом помещении 101, установленных на стояке 1 (прил. 15).

Решение. Суммарная теплоотдача приборов в помещении 101 равна теплотерям комнаты, т. е. 2620 Вт (см. табл. 6.1). Так как эти приборы находятся в неравных условиях (один – первый, а другой – последний по ходу воды на стояке), теплоотдача первого прибора принята 60 % от теплотерь комнаты или 1570 Вт, второго – 40 % или 1050 Вт. При расчете приборов вышележащих этажей, разница в условиях их работы постепенно уменьшается.

Схема распределения тепловых нагрузок на стояке показана на рис. 7.1

Расход воды по стояку из результатов предыдущего расчета (см. табл. 6.2)
 $G_{cm} = 303 \text{ кг/ч.}$

При принятой схеме радиаторного узла (см. табл. 6.3) из прил. 8 для приборов определен коэффициент затекания $\alpha = 0,43$. Из формулы (7.3) определен расход воды через прибор:

$$G_{пр} = 0,43 \cdot 303 = 130,3 \text{ кг/ч.}$$

Для прибора 1 $t_{ex}^1 = 105^\circ\text{C}$, так как он первый по ходу движения. Для прибора 10 (десятого по ходу движения воды) температуру воды на входе определяют по формуле (6.6) по следующим данным $\Sigma Q_i = 10630 \text{ Вт}$; $\Delta t_{cm} = t_e - t_o = 105 - 70 = 35^\circ\text{C}$; $Q_{cm} = 11680 \text{ Вт}$.

В итоге расчета

$$t_{ex}^{10} = 105 - 10630 (105 - 70) / 11680 = 73,1^\circ\text{C}.$$

Температуру выхода воды из прибора 1 определяют из формулы (7.5)

$$t_{вых}^1 = 105 - 1570 / 130,3 = 91,6^\circ\text{C}.$$

По формуле (7.4) $t_{cp}^1 = 0,5(105 + 92,9) - 20 = 78,9^\circ\text{C}$.

Расчетную плотность теплового потока определяют по формуле (7.1). Для принятого типа прибора значения $q_{ном} = 758 \text{ Вт/м}^2$; $n = 0,3$; $P = 0,02$; $C_{пр} = 1,039$; $f = 0,244$ (определены по прил. 9),

$$q_{пр}^1 = 758 (78,9/70)^{1+0,3} \cdot (130,3/0,1)^{0,02} \cdot 1,039 = 1050 \text{ Вт/м}^2.$$

Расчетная площадь F_p^1 нагревательного прибора определяют по формуле (7.6). Коэффициенты условий работы прибора (см. пример 2) $\beta_1 = 1,04$, $\beta_2 = 1,02$, тогда

$$F_p^1 = 1550 \cdot 1,04 \cdot 1,02 / 1050 = 1,56 \text{ м}^2.$$

Из формулы (7.7) определяют количество секций в приборе N_p . По прил. 6 $\beta_4 = 1,05$ (для приборов, установленных под окном), $\beta_3 = 1$ (предварительное значение), тогда

$$N_p^1 = 1,56 \cdot 1,05 / 0,244 \cdot 1,0 = 7 \text{ шт.}$$

Для $N_p^1 = 7$ предварительное значение β_3 было принято верным. Такие же расчеты выполнены и для второго прибора, результаты сведены в табл. 7.1

Таблица 7.1

Расчет нагревательных приборов

Номер помещения – прибора	$Q_{пр}$, Вт	$G_{ст}$, кг/ч	α	$G_{пр}$, кг/ч	$t_{вх}$, °C	$t_{вых}$, °C	$\Delta t_{ср}$, °C	$q_{пр}$, Вт/м ²	$F_{р}$, м ²	N_p
101–1	1570	303	0,43	130,3	105	91,6	78,9	1050	1,56	7
101–10	1050	303	0,43	130,3	73,1	65,0	49,0	561,5	1,95	9

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите виды отопительных приборов, применяемых в системах центрального отопления.
2. От каких факторов зависит плотность теплового потока отопительного прибора?
3. Какими коэффициентами учитываются местные условия работы отопительного прибора?
4. Как определяется расход теплоносителя, протекающего через прибор?

8. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

8.1. Подбор циркуляционных насосов

Циркуляционные насосы предусматриваются при теплоснабжении от котельных или местных водонагревателей и устанавливаются в помещении котельной или теплового пункта. Насосы подбираются по двум параметрам: подаче, кг/ч, и расчетному давлению, кПа.

Подача соответствует расходу теплоносителя на отопление обслуживаемого здания или группы зданий. В курсовом проекте можно считать, что котельная или тепловой пункт (ТП) обслуживает одно рассчитываемое здание, и подача насоса соответствует расходу воды на первом участке, идущем от водонагревателя к зданию. Давление насоса $\Delta P_{нас}$ принимается по определению в разд. 6, п. 3.

Марка насоса подбирается по подаче и давлению. Наиболее употребительны насосы типа К, характеристики их даны в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Характеристики насосов типа К

Марка насоса	Подача, м ³ /ч	Давление, кПа	Мощность, кВт	Размеры в плане, мм	Масса агрегата, кг
K8/18	8	18	1,5	795x286	63,4
K8/18a	9,4	14,2	1,5	795x286	57,8
K8/18б	8	11,4	1,5	784x261	74,7
K20/30	20	30	4,0	867x326	91,2
K20/30a	19,8	25,3	4,0	841x326	78,2
K20/30б	18	18,8	4,0	823x286	132,2

При размещении насосов в подвале здания их устанавливают под лестничной клеткой (во избежание шума) и присоединяют к трубопроводам через гибкие вставки.

В системе должно быть два насоса (рабочий и резервный), вокруг насосов устраивается обводная линия для поддержания циркуляции за счет естественного давления при авариях. Схема установки насосов приведена на рис. 8.1.

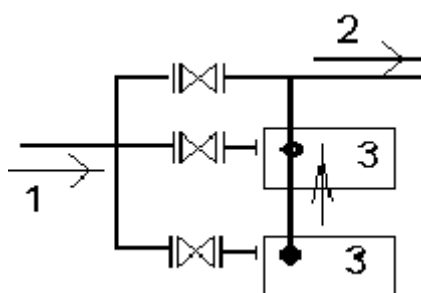


Рис. 8.1. Схема (в плане) установки циркуляционных насосов: 1 – обратная магистраль; 2 – к теплообменнику или котлу; 3 – насосы

8.2. Подбор гидроэлеватора

Гидроэлеватор устанавливается на вводе в здание в открытых системах теплоснабжения от тепловых сетей (см. рис. 4.2) и за счет подмешивания

охлажденной воды из обратного трубопровода к перегретой воде теплосети позволяет получить теплоноситель с расчетной температурой (95–105 °С). Схема гидроэлеватора приведена на рис. 8.2.

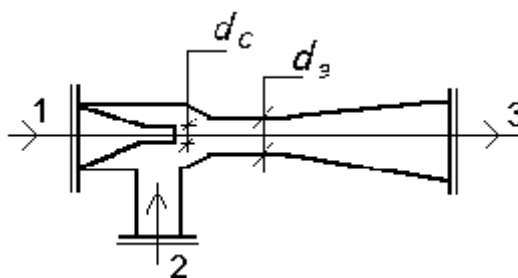


Рис. 8.2. Схема гидроэлеватора: 1 – из теплосети; 2 – из обратной магистрали системы отопления; 3 – в подающую магистраль

По конструкции гидроэлеватор представляет собой водоструйный насос, работающий за счет энергии, создаваемой перепадом давления в прямой и обратной магистралях теплосети.

Гидроэлеватор характеризуется двумя основными параметрами – диаметром горловины d_z и диаметром сопла d_c .

Диаметр горловины d_z , мм, определяют по формуле

$$d_z = 87,4 \sqrt{\frac{G_{CM}}{1000 \sqrt{\Delta P_{нас}}}}, \quad (8.2)$$

где G_{CM} – расход теплоносителя на первом участке от элеватора к системе отопления, кг/ч, определяемый по гидравлическому расчету [формула (6.10)]; $\Delta P_{нас}$ – циркуляционное давление в системе отопления, Па, определяется по формуле (6.8).

По диаметру горловины производится выбор номера серийного гидроэлеватора (ВТИ – Мосэнерго или другого типа) по табл. 8.2.

Таблица 8.2

Стандартные гидроэлеваторы

Номер элеватора	1	2	3	4	5	6	7
Диаметр горловины d_z , мм	15	20	25	30	35	47	59

Диаметр сопла d_c , мм, определяют как

$$d_c = d_z / (1+U), \quad (8.3)$$

где U должно быть определено ранее по формуле (6.9).

Пример 4. Подбор гидроэлеватора.

Исходные данные: здание и систему отопления принять с характеристиками в соответствии с примерами 1, 2 и 3.

Решение. Ранее в примерах определены основные параметры системы отопления, необходимые для выбора элеватора: $G_{см} = G_1 = 4177$ кг/ч, $\Delta P_{нас} = 24400$ Па, $U = 0,71$.

По формуле (8.2) определяют диаметр горловины

$$d_g = 87,4 \sqrt{\frac{4177}{1000 \sqrt{24400}}} = 14,3 \text{ мм.}$$

Принят серийный гидроэлеватор ВТИ-Мосэнерго № 1 с диаметром горловины 15 мм.

Диаметр сопла $d_c = 15 / (1 + 0,71) = 8,8 \approx 9$ мм.

8.3. Подбор водонагревателя

Водонагреватели устанавливаются в закрытых схемах теплоснабжения или в пароводяных системах. В этих схемах водонагреватель играет роль котла. В зависимости от первичного теплоносителя водонагреватели разделяются на пароводяные и водоводяные. В системах отопления наиболее частое применение имеют скоростные водоводяные секционные водонагреватели, схема сборки которых приведена на рис. 8.3. По конструкции теплообменник представляет собой трубки в трубе. В теплообменных трубках движется горячая вода, а в межтрубном пространстве движется вода из системы отопления.

Промышленность выпускает водонагреватели разных типов, отличающихся в основном поверхностью нагрева. Наружный диаметр корпуса их составляет от 57 до 325 мм, в корпусе одной секции располагается от 4 до 151 трубки. Устанавливается водонагреватель при теплоснабжении отдельных зданий в подвале или техническом этаже.

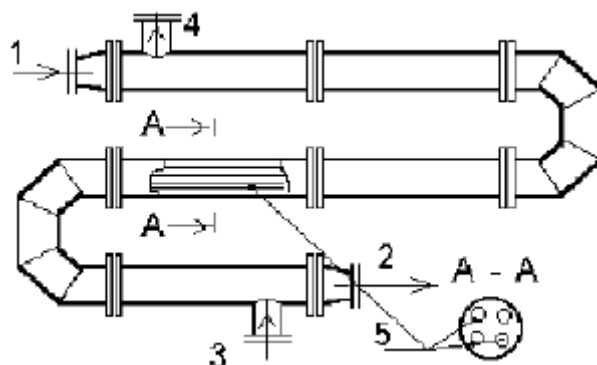


Рис. 8.3. Схема скоростного пятисекционного водонагревателя: 1 – ввод из теплосети; 2 – выход в теплосеть; 3 – из системы отопления; 4 – в систему отопления; 5 – теплообменные трубки

Выбор водонагревателя производится в следующей последовательности.

По рекомендуемой скорости движения нагреваемой воды $V_p = 1$ м/с определяют рекомендуемую площадь сечения трубок нагревателя, m^2 ,

$$f_{тр} = G / (3600 \rho V_p), \quad (8.4)$$

где G – расход воды в системе отопления, кг/ч; $\rho \approx 1000$ кг/м³ – плотность воды.

По табл. 8.3 подбирают марку водонагревателя с близким значением площади трубок. Для выбранной марки по табл. 8.3 для одной секции водонагревателя находят площадь нагрева f , площадь сечения трубок $f_{тр.факт.}$

Таблица 8.3

Конструктивные характеристики секций скоростных водонагревателей

Номер водонагревателя	Диаметр корпуса, мм	Длина, мм	Число трубок	Поверхность нагрева f , m^2	Площадь живого сечения, m^2	
					трубок $f_{тр}$	межтрубного пространства $f_{м.п}$
1	57	2220	4	0,37	0,00062	0,00116
2	57	4220	4	0,75		
3	76	2300	7	0,65	0,00108	0,00233
4	76	4300	7	1,31		
5	89	2340	12	1,11	0,00185	0,00287
8	114	4424	19	3,54	0,00293	0,005
9	168	2620	37	3,4	0,0057	0,0122

Определяют фактическую скорость нагреваемой воды, м/с,

$$V = G / (3600 \rho f_{\text{тр. факт.}}). \quad (8.5)$$

По табл. 8.4 определяют коэффициент теплопередачи k , соответствующий фактической скорости нагреваемой воды V и рекомендуемой скорости движения греющей воды 1,0–1,5 м/с.

Таблица 8.4

Значения коэффициентов теплопередачи k , Вт/м²·°С

Скорость нагреваемой воды, м/с	Скорость греющей воды, м/с			
	0,5	0,75	1,0	1,5
0,5	1102	1276	1392	1508
0,75	1241	1450	1566	1740
1,0	1334	1566	1740	1972
1,5	1508	1798	2030	2320

Рассчитывают необходимую площадь поверхности нагрева водонагревателя, м²,

$$F = 1,07 Q / (k \Delta t), \quad (8.6)$$

где Q – расчетный поток теплоты для отопления здания, Вт, определяемый по формуле (6.1); k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С); Δt – средний температурный напор между греющей и нагреваемой водой, °С.

Для определения Δt сначала подсчитывают разности температур между греющей и нагреваемой водой на противоположных концах нагревателя при работе с противотоком

$$\Delta t_1 = T_1 - t_2; \Delta t_2 = T_2 - t_1, \quad (8.7)$$

где T_1, T_2 – температуры греющей и обратной воды в теплосети; t_2, t_1 – то же горячей и охлажденной воды в системе отопления.

Большой из этих разностей присваивают индекс “б”, меньшей – “м” и определяют средний температурный напор

$$\Delta t = (\Delta t_b - \Delta t_m) / \ln (\Delta t_b / \Delta t_m). \quad (8.8)$$

Число секций водонагревателя

$$m = F/f, \quad (8.9)$$

где f – поверхность нагрева одной секции.

Скорость движения воды в водонагревателе во избежание шума не должна превышать 1,5 м/с, если это условие не соблюдается, секции подогревателя соединяют параллельно. Характеристики некоторых нагревателей приведены в табл. 8.3.

Пример 5. Подбор водонагревателя.

Исходные данные: здание и систему отопления принять с характеристиками в соответствии с примерами 1,2 и 3. Параметры теплоносителя в тепловой сети $T_1 = 150^\circ \text{C}$, $T_2 = 70^\circ \text{C}$, в сети отопления $t_f = 85 \div 60^\circ \text{C}$ (рекомендовано при применении водоводяных теплообменников).

Из табл. 6.2 расчетный поток теплоты для отопления здания составляет 160720 Вт, расход теплоносителя в системе отопления – 4177 кг/ч.

Решение. По формуле (8.4) определяют рекомендуемую площадь живого сечения труб

$$F = 4177 / 3600000 \cdot 1 = 0,0012 \text{ м}^2.$$

По табл. 8.3 выбирают водонагреватель марки № 3 с площадью живого сечения труб 0,00108 м².

Фактическую скорость нагреваемой воды определяют по формуле (8.5)

$$V = 4177 / 3600000 \cdot 0,00108 = 1,07 \text{ м/с}.$$

По табл. 8.4 определяют коэффициент теплопередачи $k = 1800 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ \text{C}$.

Определяют средний температурный напор

$$\Delta t_1 = \Delta t_6 = 150 - 60 = 90^\circ \text{C};$$

$$\Delta t_2 = \Delta t_m = 90 - 85 = 5^\circ \text{C};$$

$$\Delta t = (90 - 5) / \ln (90/5) = 29,4^\circ \text{C}.$$

Необходимая поверхность нагрева по формуле (8.6) составит

$$F = 1,07 \cdot 160720 / (1800 \cdot 29,4) = 3,25 \text{ м}^2.$$

При площади поверхности нагрева водонагревателя № 3 $0,65 \text{ м}^2$ по формуле (8.9) определяют необходимое число секций нагревателя $m = 3,25 / 0,65 = 5,0$.

Принимается водонагреватель из 5 секций.

8.4. Расширительные сосуды

Расширительные сосуды устанавливают в здании при подключении к тепловой сети по закрытой схеме (см. рис. 4.3) или при отоплении от местной котельной. Схемы установки расширительных сосудов приведены на рис. 8.4. Они предназначены для вмещения избыточного объема воды при ее температурном расширении.

Устанавливают расширительные сосуды в высшей точке системы и утепляют. В бесчердачных зданиях сосуды устанавливают в утепленных будках на кровле.

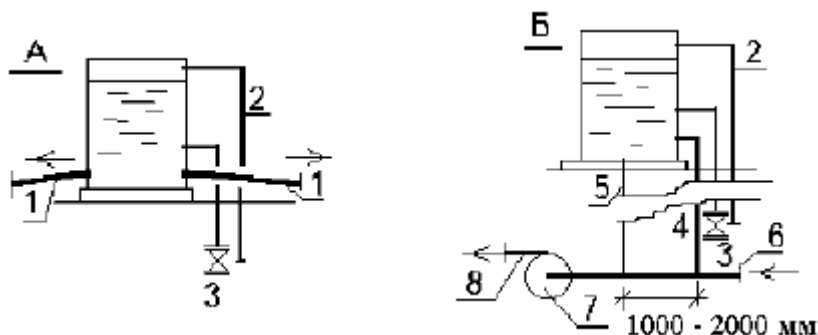


Рис. 8.4. Схемы установки расширительных сосудов: а – в системе с естественной циркуляцией; б – в системе с циркуляционным насосом; 1 – магистрали; 2 – переливной трубопровод; 3 – контрольная трубка; 4, 5 – циркуляционный и присоединительный трубопровод; 6 – из системы отопления; 7 – насос; 8 – в водонагреватель

Объем сосуда определяют по формуле

$$V_{бака} = 0,0465 V_{сист}, \quad (8.10)$$

где $V_{сист}$ – объем воды в системе отопления, составляющий при применении чугунных радиаторов около 20 л на 1000 Вт тепловой мощности системы.

Вопросы для самопроверки

1. Где устанавливается циркуляционный насос системы отопления?
2. Каково назначение гидролеватора?
3. Каково назначение водонагревателя в системе отопления?
4. Какими параметрами характеризуется водонагреватель?
5. Объясните роль расширительного сосуда и место его установки в системе?

9. ВЫБОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Выбор способа организации воздухообмена и типа вентиляции зависит от назначения здания и помещений, а также от количества выделяемых вредных веществ. Этот выбор регламентируется нормами на проектирование соответствующих зданий. В данном пособии даются рекомендации по проектированию и расчету канальной вентиляции с естественным побуждением, наиболее часто применяемой в жилых зданиях, где она рекомендуется нормами [1].

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 совмещенного санузла. Для удаления воздуха из туалета и ванной одной квартиры допускается использовать один канал. Приток воздуха предусматривается неорганизованный через неплотности в ограждающих конструкциях. Схемы таких систем вентиляции см. на рис. 9.1, в прил. 13 рис. 4, а также [4, § 49].

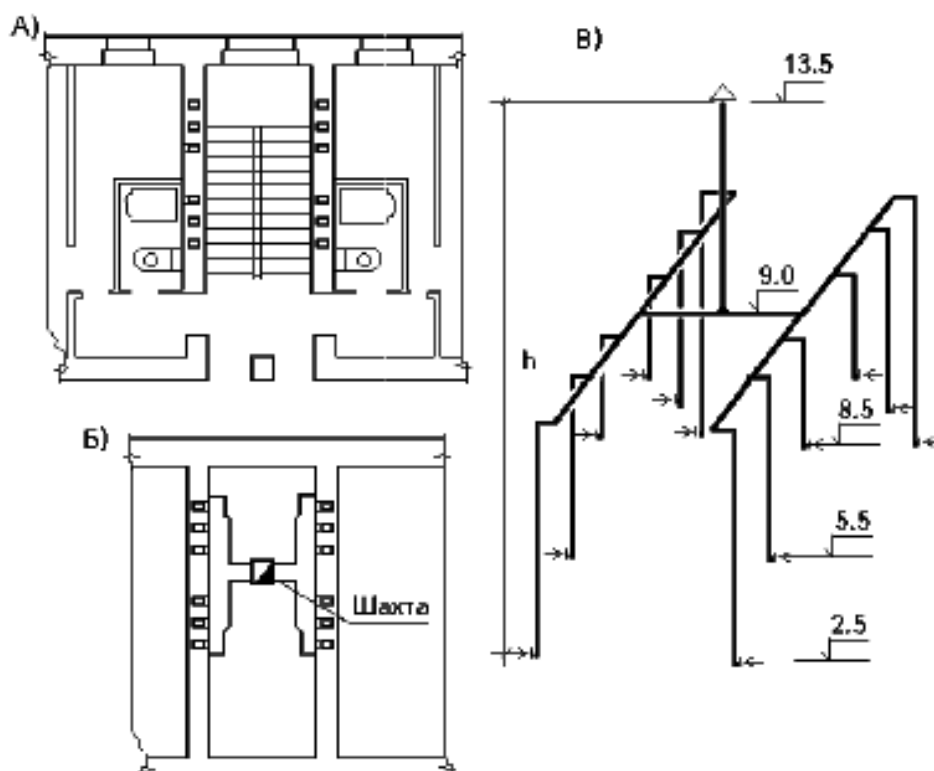


Рис. 9.1. Схема естественной канальной системы вентиляции в здании с чердаком: а – план верхнего этажа; б – план чердака; в – аксонометрическая схема воздуховодов с отметками осей каналов; h – расстояние (по высоте) от центра жалюзийной решетки первого этажа до устья шахты

Вытяжка воздуха производится через жалюзийные решетки, устанавливаемые на расстоянии 0,2–0,5 м от потолка. Вертикальные вентиляционные каналы устраивают только во внутренних кирпичных стенах. Размеры таких каналов должны соответствовать размерам кирпича (140 х

140 мм, 140х 270 мм и т. п.) Для размещения каналов толщина стены должна быть не менее 380 мм ($1\frac{1}{2}$ кирпича). Минимальное расстояние между каналами из однородных помещений – полкирпича, разнородных – один кирпич.

В панельных зданиях вентиляция осуществляется через приставные или встроенные каналы во внутренних стенах и перегородках. Здесь могут быть также приняты каналы круглого сечения диаметром не менее 100 мм из асбестоцементных труб или специальные вентиляционные панели.

В бесчердачных зданиях вертикальные каналы выводятся на 0,5–1,0 м выше кровли, и каждый из них непосредственно сообщается с атмосферой.

В чердачных зданиях вертикальные каналы объединяются коробами, которые отводят воздух к вытяжной вентиляционной шахте, выводимой выше кровли. Устье шахты располагается на 4–5 м выше верха чердачного перекрытия.

В здании имеется несколько независимых систем, так как радиус действия системы вентиляции с естественным побуждением ограничен, расстояние от оси вытяжной шахты до оси наиболее удаленного канала не должно превышать 8 м. Размеры сборных каналов (коробов) и шахт принимаются кратными 0,2 м, но не менее 200х 200 мм. Каналы и шахты выполняются из материалов, рекомендованных нормами [2]: асбестоцемент, гипсокартон, гипсобетон и др. Сборные каналы на чердаке размещают по железобетонному перекрытию с подстилкой одного ряда плит.

На рис. 9.1 приведена принципиальная схема вентиляции трехэтажного жилого дома с чердаком, с кирпичными стенами и высотой этажа 3,0 м. Вытяжка воздуха в представленной системе вентиляции производится из кухонь и санузлов. Вентиляция жилых комнат производится также через вытяжки в этих помещениях. Регулируемые жалюзийные решетки расположены в 0,5 м от поверхности потолка.

Из каждого вентилируемого помещения идет собственный вентиляционный канал. Вертикальные каналы выполнены в процессе кладки кирпичных стен. Сборные каналы на чердаке и шахта выполнены из шлакогипса. Размеры сечения воздухопроводов и шахты определяются аэродинамическим расчетом. Во избежание конденсации влаги в каналах на чердаке термическое сопротивление их должно быть не менее $0,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Из помещений воздух отводится в каналы через жалюзийные решетки, которые могут быть с неподвижными или подвижными жалюзи. Последние позволяют регулировать расход воздуха. Решетки имеют стандартные размеры: 100х150; 150х200; 2х300; 250х350; 300х450 мм и др.

После выполнения решений по конструированию системы должна быть вычерчена аксонометрическая схема одной из систем вентиляции с указанием отметок жалюзийных решеток, каналов и устья шахты. Примеры такой схемы приведены на рис. 9.1, в и в прил. 13 рис. 4.

Вопросы для самопроверки

1. Из каких помещений рекомендуется удаление воздуха при устройстве вентиляции?
2. Из каких материалов устраиваются вентиляционные каналы?
3. Почему ограничен радиус действия вентиляционной системы?

10. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА

Расход воздуха, удаляемого согласно нормам проектирования [1] через вытяжную вентиляцию в жилых домах, приведен в прил. 1.

Размер вытяжки из кухни $L_{кух}$, туалета $L_{туал}$ и ванной $L_{ванн}$, м³/ч, задан конкретной величиной, расход удаляемого воздуха из жилых комнат, м³/ч, определяют как

$$L_{жил.комн} = 3 F_{пола} , \quad (10.1)$$

где $F_{пола}$ – суммарная площадь пола жилых комнат, м².

Вентиляция жилых комнат производится через вентиляционные каналы кухни, туалета и ванной поэтому должно выполняться условие

$$L_{кух} + L_{ванн} + L_{туал} \geq L_{жил.комн} . \quad (10.2)$$

Если это условие не выполняется – воздухообмен кухни следует увеличить на необходимую величину.

На аксонометрической схеме должен быть указан расход воздуха из помещений через каждую жалюзийную решетку.

Вопросы для самопроверки

1. Как определяется воздухообмен в помещениях зданий?
2. Как производится вентиляция жилых комнат?

11. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Расчетной схемой вентиляции является ее аксонометрия. Система вентиляции представляет собой систему ветвей. Каждая ветвь начинается от жалюзийной решетки и заканчивается устьем шахты. Таким образом, ветви имеют разную длину, наибольшую – для ветвей, начинающихся на первом этаже, и наименьшую – на последнем. Воздух в системе перемещается под действием естественного давления, возникающего вследствие разности плотностей холодного наружного и теплого внутреннего воздуха.

Естественное располагаемое давление для каждой расчетной ветви Δp_e , Па, определяют по формуле

$$\Delta p_e = h g (\rho_n - \rho_{вн}), \quad (11.1)$$

где h – разница отметок устья шахты и жалюзийной решетки, м; ρ_n и $\rho_{вн}$ – плотности соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

Плотности ρ_n и $\rho_{вн}$ принимаются по расчетным температурам наружного t_n и внутреннего воздуха $t_{вн}$ и могут быть определены по справочным таблицам или формуле (3.3). Расчетная температура наружного воздуха t_n дается нормами [2] равной +5 °С. При более низкой температуре действующее давление в вентиляции увеличивается, а при более высокой температуре вентиляцию можно усилить открытием форточек или створок. Из формулы (11.1) очевидно, что по отношению к вентиляции верхние этажи находятся в менее благоприятных условиях, так как располагаемое давление здесь меньше.

Далее нумеруют все участки расчетных ветвей, границами участков являются узлы изменения расхода воздуха или изменения сечения воздухопровода. Для каждого участка на схеме указывают его длину, расход воздуха и в дальнейшем – размеры сечения канала.

Задачей аэродинамического расчета является подбор таких сечений воздухопроводов, при которых суммарные потери давления в расчетной ветви α ($Rl + Z$) будут равны или меньше действующего давления

$$\Sigma (Rl + Z) \leq \Delta p_e. \quad (11.2)$$

где R – удельные потери давления на трение в металлических воздухопроводах, Па/м; l – длина участка воздухопровода, м; β – коэффициент шероховатости стен канала; Z – потери давления в местных сопротивлениях.

Рекомендуется запас давления в размере 10–15 %.

Аэродинамический расчет выполняют по таблицам или номограммам, составленным для круглых стальных воздухопроводов (прил. 12). В них взаимосвязаны все параметры аэродинамического расчета: расход воздуха L , м³/ч; диаметр воздухопровода d , мм; скорость V , м/с; удельные потери давления на трение R , Па/м; динамическое давление $P_v = \rho V^2 / 2$.

Для расчета прямоугольных каналов их размеры необходимо привести к эквивалентному диаметру круглого канала

$$d_{экв} = 2a b / (a + b), \quad (11.3)$$

где a и b – размеры сечения канала, мм.

Повышенная, в сравнении со стальными, шероховатость каналов учитывается коэффициентами шероховатости β , приведенными в табл. 11.1. Расчет каждого участка ветви выполняют в следующем порядке.

1. Определяют требуемую площадь канала $F_{тр}$, м²

$$F_{тр} = L / (3600 V_{рек}), \quad (11.4)$$

где L – расчетный расход воздуха, м³/ч; $V_{рек}$ – рекомендуемая скорость, принимаемая равной 0,5–1,0 м/с для вертикальных и горизонтальных каналов и 1 – 1,5 м/с для шахты.

2. Подбирают стандартное сечение канала с близким значением площади F .

3. По формуле (11.3) находят эквивалентный диаметр $d_{экв}$ воздуховода.

4. С помощью таблиц или номограммы (прил.12) по расходу воздуха L и эквивалентному диаметру $d_{экв}$ определяют удельные потери давления на трение R , скорость V и динамическое давление P_v .

Таблица 11.1

Значения коэффициентов шероховатости

Скорость движения воздуха, м/с	Материал воздуховода			
	шлакогипс	шлакобетон	кирпич	штукатурка по сетке
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
0,8	1,13	1,19	1,4	1,69
1,2	1,18	1,25	1,5	1,84
1,6	1,22	1,31	1,58	1,95

5. Определяют потери давления на трение R / β , Па, и местные потери давления Z , Па

$$Z = \sum \xi P_v, \quad (11.5)$$

где ξ – коэффициенты местных сопротивлений на участке, принимаемые по прил. 11.

6. Определяют потери давления на участке $(R / \beta + Z)$, Па.

После этого находят суммарные потери давления в ветви $\sum (R / \beta + Z)$, Па, и проверяют условие по формуле (11.2). Если с первой попытки неравенство

не выполняется – следует изменить сечение воздуховодов. Аналогичные расчеты выполняют и для других ветвей. Все расчеты выполняют в табличной форме по примерам 6, 7. В курсовой работе для бесчердачных зданий следует рассчитать все ветви одного вентиляционного блока, для чердачных зданий – ветви из кухонь первого и последнего этажей.

Пример 6. Конструирование и расчет системы вентиляции бесчердачного здания.

Исходные данные: пятиэтажное жилое здание с характеристиками по примерам 1–4. Следует разработать систему вентиляции для расположенных друг над другом однокомнатных квартир 102–502, имеющих туалеты, ванные комнаты, кухни с электроплитами и жилые комнаты площадью по 18 м².

Решение. Нормами для жилых домов рекомендуется канальная система вытяжной вентиляции с естественным побуждением. Вытяжные решетки устанавливают в местах интенсивного загрязнения воздуха: в кухнях и санузлах на 0,2 м ниже потолка, вертикальные каналы выполняют в кирпичных стенах, устья каналов подняты над кровлей на 1,0 м. Из каждой квартиры воздух выводится по своему каналу.

В связи с тем, что здание бесчердачное, каждый вентиляционный канал имеет самостоятельный выпуск в атмосферу. Каналы сгруппированы в два блока – 5 каналов от расположенных друг над другом пяти туалетов и ванных комнат и 5 каналов от кухонь (прил. 13 рис. 4).

Каждый блок каналов закрыт от атмосферных осадков зонтом.

Нормируемые вытяжки воздуха: из кухни с электрической плитой – 60 м³/ч; из туалета и ванной комнаты – по 25 м³/ч; из жилой комнаты – 3 м³/ч на 1 м² площади пола, т. е. 54 м³/ч.

Условие (10.2) выполняется: $60 + 25 + 25 > 54$.

Расчетная температура наружного воздуха для системы вентиляции $t_n = 5^\circ \text{C}$, этой температуре соответствует плотность воздуха $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$.

Для кухни при $t_{вн} = 15^\circ \text{C}$, $\rho_{вн} = 1,22 \text{ кг/м}^3$, для воздуха удаляемого из туалета и ванной комнаты принята температура, соответствующая среднему арифметическому температур этих помещений $(25+16)/2 = 20,5^\circ \text{C}$ и $\rho_{20,5} = 1,20 \text{ кг/м}^3$.

Высота каналов определяется разницей отметок устья вентиляционной шахты и жалюзийных решеток.

Естественное давление для каждого канала определяется по формуле (11.1).

Местные сопротивления во всех каналах аналогичны: жалюзийная решетка $\xi = 2$; колено прямоугольное $\xi = 1,0$; вытяжная шахта с зонтом $\xi = 1,3$. Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi = 4,3$.

Значение коэффициента шероховатости β кирпичных каналов принято по табл. 11.1 ($\beta = 1,45$).

Все расчеты для вентиляционной системы В-1 из санитарных узлов сведены в табл. 11.2. Действующие давления в некоторых ветвях значительно превосходят потери давления, поэтому требуется регулирование воздухообмена жалюзийной решеткой. Уменьшение сечения каналов невозможно, так как приняты их минимальные размеры.

Пример 7. Конструирование и расчет системы вентиляции чердачного здания.

Исходные данные: двухэтажное жилое здание с размерами, аналогичными для задания в примерах 1–5 с чердачным перекрытием.

Решение. Расположение каналов системы вентиляции в квартирах принято то же, что и в примере 5, т. е. в вентиляционном блоке В1 предусматривается 2 канала из кухонь первого и второго этажей и 2 – из соответствующих санузлов. На чердаке эти 4 вертикальных канала объединяются горизонтальным шлакогипсовым каналом, в центре которого оборудуется металлическая шахта высотой 5 м. Аксонометрическая схема системы приведена в прил. 13 рис. 4.

В примере приведен расчет только одной самой невыгодной ветви – из кухни 2-го этажа (участки 1–2–3 на схеме в прил. 13 рис. 4). Естественное располагаемое давление в этой ветви определяют по формуле (11.1)

$$\Delta p_e = 5,7 \cdot 9,8 (1,27 - 1,22) = 2,79 \text{ Па.}$$

Аэродинамический расчет ветви представлен в табл. 11.3.

Таблица аэродинамического расчета воздуховодов системы
естественной вытяжной вентиляции бесчердачного здания (к примеру 6)

[illegible]

Таблица 11.3

Таблица аэродинамического расчета системы естественной вытяжной
вентиляции
чердачного здания (к примеру 7)

Номер участка	Расход воздуха L , м ³ /ч	Длина участка l , м	Размер канала $a \times b$, мм	Эквив. диаметр $d_{эке}$, мм	Площадь F , м ²	Скорость V , м/с	R , Па/м	$R l \beta$, Па	$P_v = \rho V^2 / 2$, Па	$\Sigma \xi$	Z , Па	$(R l \beta + Z)$, Па
1	60	0,7	140 x 270	184	0,0378	0,6	0,044	0,043	0,196	5	0,99	1,03
2	120	0,4	200 x 200	200	0,04	0,93	0,08	0,04	0,52	1,1	0,57	0,61
3	220	5,0	300 x 300	300	0,09	0,58	0,02	0,14	0,18	1,3	0,23	0,37

$$\Sigma (R l \beta + Z) = 2,01 \text{ Па.}$$

$$\Delta p_e = 1,82 \text{ Па. Запас давления } (2,79 - 2,01)100 / 2,79 = 28 \text{ \%}.$$

Участок 1 состоит из вертикального канала длиной 0,7 м и горизонтального (на чердаке) длиной 0,2 м, выполненных в кирпичной кладке. Коэффициент β принят равным 1,4. Учтены следующие местные сопротивления: жалюзийная решетка $\xi = 2,0$; 2 колена $90^\circ \xi = 2 \cdot 1,0$; тройник на ответвлении при $F_o/F_n = 0,9$ и $L_n/L_c = 0,5$ $\xi = 1,1$.

Участок 2. Материал канала – шлакогипс, коэффициент β принят равным 1,3. Местное сопротивление на участке: тройник на ответвлении при $F_o/F_n = 0,44$ и $L_n/L_c = 0,54$ $\xi = 1,1$.

Участок 3. Материал шахты – сталь; $\beta = 1,4$. Местное сопротивление на участке: устье шахты с зонтом $\xi = 1,3$.

Расчет показал, что потери напора в рассчитываемой ветви составляют 1,82 Па, меньше естественного располагаемого давления 2,79 Па, т. е. запроектированная система вентиляции работоспособна.

Аналогично в курсовом проекте следует рассчитать и другие ветви системы.

Вопросы для самопроверки

1. Под действием каких сил движется воздух в системе вентиляции?
2. Покажите расчетные ветви и участки в системе, разрабатываемой в курсовом проекте.
3. Какова цель аэродинамического расчета вентиляционной системы?
4. Как определяются потери давления в воздухопроводах?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материал, изложенный в пособии, дает возможность последовательно изучить взаимно связанные системы отопления и вентиляции зданий и их основные элементы.

По каждой системе изложены теоретические, практические и справочные материалы, необходимые для расчетов, проектирования, строительства и эксплуатации, а также для дальнейших научно-технических разработок по совершенствованию систем жизнеобеспечения зданий, использования отечественных и зарубежных достижений научно-технического прогресса.

Для более глубокого изучения отдельных вопросов по отоплению и вентиляции зданий различного назначения приведен библиографический список.

В условиях повышения требований к микроклимату и комфортности помещений внимание к данной дисциплине и другим системам жизнеобеспечения зданий будет возрастать.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЖИЛЫХ ДОМОВ (ПО СНИП 2.08.01–89)

Помещение	Расчетная температура в холодный период года $t_{вн}, ^\circ\text{C}$	Воздухообмен (вытяжка), $\text{м}^3/\text{ч}$
Жилая комната	18*	3 на 1 м^2 пола
То же при $t_n^B \leq -31 ^\circ\text{C}$	20*	То же
Кухня с электроплитами	15	Не менее 60
Кухня с 4-конфорочными газовыми плитами	15	90
Ванная	25	25
Уборная индивидуальная	12	25
Совмещенный санузел	25	50
Лестничная клетка	12	–

* В угловых помещениях увеличивается на 2 $^\circ\text{C}$.

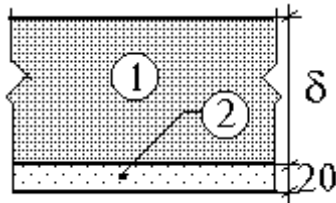
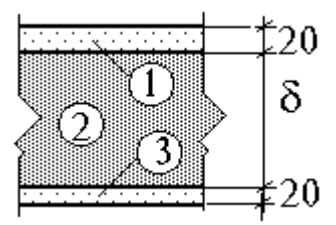
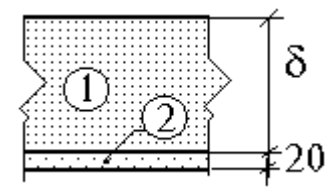
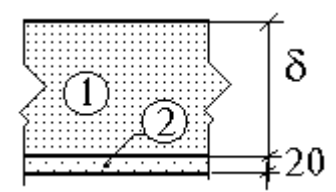
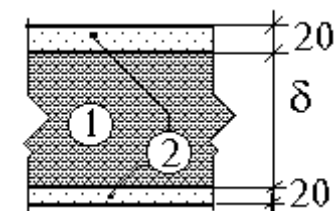
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

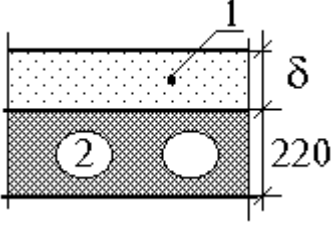
РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Наименование населенного пункта	Параметры Б	
	Расчетная температура $t_H^Б$, °С	Скорость ветра V , м/с
1. Архара	–36	4,4
2. Белогорск	–37	2,7
3. Бикин	–32	3,2
4. Биробиджан	–32	3,2
5. Благовещенск	–34	3,3
6. Владивосток	–24	6,1
7. Вяземский	–31	4,1
8. Комсомольск–на-Амуре	–35	4,8
9. Лесозаводск	–31	4,2
10. Находка	–20	7,8
11. Николаевск	–35	4,5
12. Облучье	–36	3,0
13. Охотск	–33	4,2
14. Партизанск	–22	8,1
15. Петропавловск-Камчатский	–20	15,6
16. Райчихинск	–35	3,8
17. Свободный	–39	4,2
18. Советская Гавань	–27	5,2
19. Спасск–Дальний	–30	3,4
20. Уссурийск	–31	3,4
21. Шимановск	–38	2,3
22. Хабаровск	–31	6,8
23. Южно–Сахалинск	–24	11,0

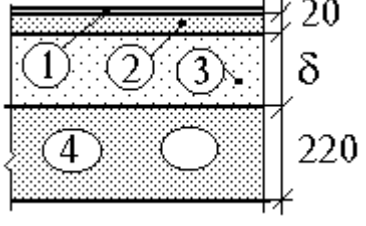
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

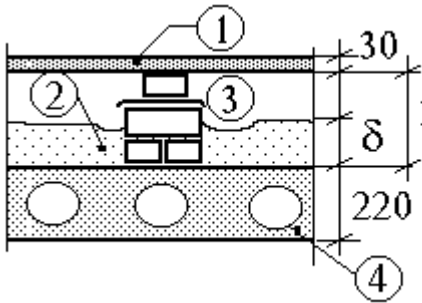
ХАРАКТЕРИСТИКА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Вариант	Эскиз	Материалы конструкции	Размер δ , мм, при значении $t_{вн} - t_{н}^Б$, ° C	
			$t_{вн} - t_{н}^Б$, °C	δ , мм
Наружные стены				
1		1 – кирпичная кладка из силикатного кирпича; 2 – штукатурка из известково-песчаного раствора	Менее 33 33–41 42–48 Более 48	380 510 640 770
2		1 – штукатурка из цементно-песчаного раствора; 2 – кладка из обыкновенного глиняного кирпича; 3 – штукатурка из известково-песчаного раствора	Менее 36 37–44 45–52 Более 52	380 510 640 770
3		1 – керамзитобетон; 2 – штукатурка из известково-песчаного раствора	Менее 34 34–42 43–50 Более 50	300 400 500 600
4		1 – шлакобетон; 2 – штукатурка из известково-песчаного раствора	Менее 43 43–54 Более 54	300 400 500
5		1 – пенобетон; 2 – бетон на щебне	Менее 46 46–63 Более 63	100 150 200
Чердачные перекрытия				

1		1 – гравий керамзитовый плотностью 800 кг/м ³ ; 2 – плита железобетонная	Менее 31 31–40 41–50 Более 50	100 150 200 250
2	То же	1 – гравий керамзитовый плотностью 400 кг/м ³ ; 2 – плита железобетонная	Менее 41 41–56 Более 56	100 150 200
3	То же	1 – гравий шунгизитовый плотностью 800 кг/м ³ ; 2 – плита железобетонная	Менее 28 28–37 38–50 Более 50	100 150 200 250

Бесчердачные покрытия

1		1 – рулонный ковер; 2 – цементная стяжка; 3 – гравий керамзитовый плотностью 800 кг/м ³ ; 4 – плита железобетонная	Менее 36 36–44 45–53 Более 53	150 200 250 300
2	То же	1 – рулонный ковер; 2 – цементная стяжка; 3 – гравий керамзитовый плотностью 400 кг/м ³ ; 4 – плита железобетонная	Менее 36 36–50 Более 50	100 150 200
3	То же	1 – рулонный ковер; 2 – цементная стяжка; 3 – гравий шунгизитовый плотностью 800 кг/м ³ ; 4 – плита железобетонная	Менее 32 32–44 45–47 Более 47	150 200 250 300
4	То же	1 – рулонный ковер; 2 – цементная стяжка; 3 – плиты минераловатные; 4 – плита железобетонная	Менее 33 33–42 43–50 Более 50	80 100 150 200
5	То же	1 – рулонный ковер; 2 – цементная стяжка; 3 – перлит вспученный плотностью 600 кг/м ³ ; 4 –	Менее 42 42–56 Более	100 150 200

		плита железобетонная	56	
Перекрытия над подвалами				
1		1 – половая рейка; 2 – гравий керамзитовый плотностью 800 кг/м ³ ; 3 – воздушная прослойка; 4 – плита железобетонная	Менее 31 Более 31	120 150
2	То же	1 – половая рейка; 2 – гравий керамзитовый плотностью 400 кг/м ³ ; 3 – воздушная прослойка; 4 – плита железобетонная	Менее 41 41 – 56 Более 56	100 120 150
3	То же	1 – половая рейка; 2 – гравий шунгизитовый плотностью 800 кг/м ³ ; 3 – воздушная прослойка; 4 – плита железобетонная	Менее 28 29 – 37 Более 37	100 120 150

Окончание прил. 3

Вари- ант	Конструкция	Рекомендуемый температурный перепад ($t_{вн}$ - $t_{н}^{Б}$), °С	Термическое сопротивление R_0 , м ² · °С /Вт	Сопротивление воздухопроницанию $R_{и}$, м ² · ч· Па/кг при уплотнителях	
				пенопо- лиуретан	шнур полу- шерстяной
Окна и двери					
1	Одинарное остекление в деревянных переплетах	Менее 25	0,17	0,16	0,12
2	Двойное остекление в спаренном переплете	26—44	0,34	0,16	0,12
3	То же в отдельных переплетах	26—49	0,39	0,26	0,18
4	Тройное остекление	50 и более	0,52	0,37	0,27
5	Наружные двери одинарные	26—44	0,21		
6	То же двойные с тамбуром	45—49	0,43		

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ**

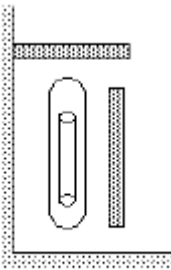
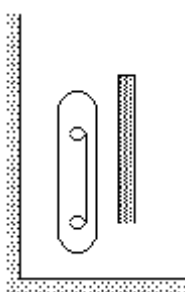
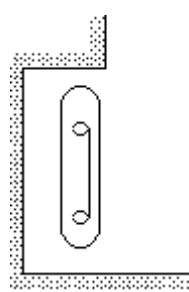
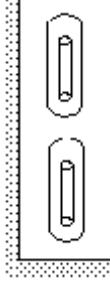
Материал	Расчетный коэффициент теплопроводности λ , Вт/м ² ·°С
Бетон на тяжелом щебне, железобетон	2,04
Гравий керамзитовый плотностью 800 кг/м ³	0,21
То же плотностью 600 кг/м ³	0,17
” плотностью 400 кг/м ³	0,13
Гравий шунгизитовый плотностью 800 кг/м ³	0,2
Керамзитобетон	0,44
Кирпичная кладка из силикатного кирпича	0,87
Кирпичная кладка из обыкновенного глиняного кирпича	0,7
Пенобетон	0,15
Перлит вспученный плотностью 600 кг/м ³	0,087
Плиты минераловатные	0,076
Плита железобетонная	1,92
Половая рейка	0,18
Цементная стяжка	0,76
Шлакобетон	0,52
Штукатурка из известково-песчаного раствора	0,81
Шлак угольный	0,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПЛОТНОСТЬ ВОДЫ ρ , кг/м³, при температурах 60–105 °С

°С	60	70	80	90	100
0	983,24	977,81	971,83	965,34	958,35
1	982,72	977,23	971,21	964,67	957,62
2	982,2	976,66	970,57	963,99	956,88
3	981,67	976,07	969,94	963,30	956,14
4	981,13	975,48	969,30	962,61	955,41
5	980,59	974,79	968,65	961,92	954,68
6	980,05	974,29	968,00	961,22	—
7	979,5	973,68	967,34	960,51	—
8	978,94	973,07	966,68	959,81	—
9	978,38	972,45	966,01	959,09	—

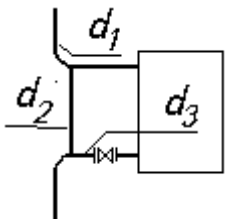
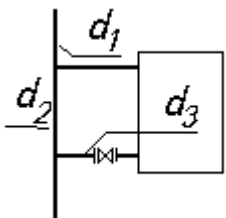
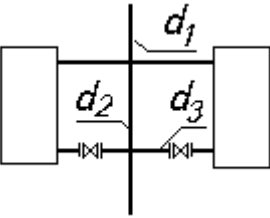
**КОЭФФИЦИЕНТЫ УЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕПЛООТДАЧУ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Значения коэффициента β_1 , учитывающего влияние шага номенклатурного ряда приборов	Чугунные радиаторы MC-140-108 и MC-140-98	Стальные панельные однорядные радиаторы типа PCB1		Стальные панельные двухрядные радиаторы и конвекторы
	1,04	1,04		1,13
Значения коэффициента β_2 , учитывающего дополнительные потери тепла приборами у наружных ограждений	Радиатор чугунный секционный	Радиатор стальной панельный	Конвектор с кожухом	Конвектор без кожуха
	1,02	1,01	1,02	1,03
Значения коэффициента β_3 , учитывающего число секций в радиаторе	Число секций			
	3–15	16–20		21–25
	1	0,98		0,96
Значения коэффициента β_4 , учитывающего способ установки прибора	Способ установки			
				
	1,12	0,9	1,05	1,05

**КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ξ
В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ**

Элементы системы отопления	Значение ξ при диаметрах условного прохода					
	15	20	25	32	40	50
Тройники на проходе	1	1	1	1	1	1
Тройники на ответвлении	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Вентили прямоточные	3	3	3	2,5	2,5	2
Задвижки	–	–	0,5	0,5	0,5	0,5
Краны проходные	4	2	2	2	–	–
Отвод широкий	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Радиатор двухколонный	2	2	2	2	2	2

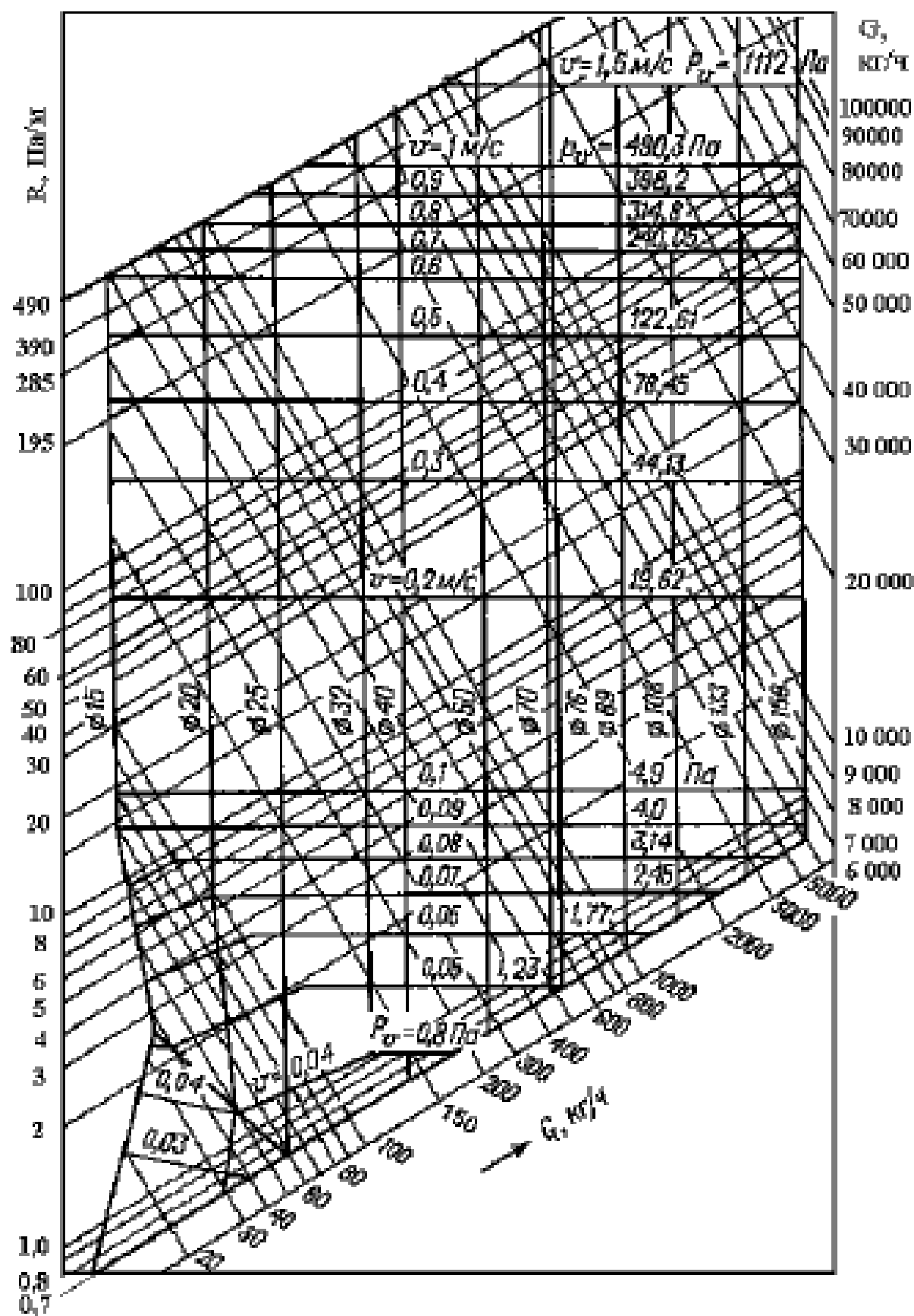
**КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ
И ЗАТЕКАНИЯ УЗЛОВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Эскиз узла	d_1	d_2	d_3	Коэффициент местного сопротивления ξ при движении воды		Значение коэффициента затекания α при скорости движения воды в стояке V , м/с			
				сверху вниз	снизу вверх	0,1	0,2	0,3	0,4 и более
	15	15	15	2,8	5,1	0,52	0,46	0,43	0,43
	20	15	15	4,6	6,1	0,45	0,42	0,39	0,37
	25	20	15	6,1	11,0	0,26	0,20	0,18	0,18
	15	15	20	1,2	10,2	0,6	0,45	0,42	0,42
	20	15	20	2,9	7,8	0,6	0,45	0,42	0,42
	25	20	20	2,1	15,7	0,45	0,30	0,26	0,25
	15	15	20	1,2	—	0,2	0,14	0,12	0,12
	20	15	20	1,9	—	0,35	0,23	0,19	0,18
	25	20	20	2,0	—	—	0,32	0,27	0,27
	32	25	20	2,6	—	—	0,36	0,28	0,24

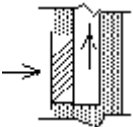
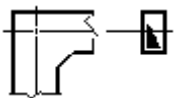
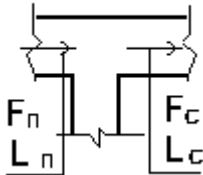
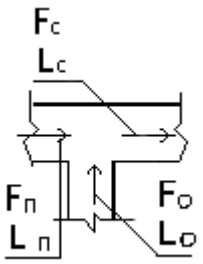
**ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ**

Наименование прибора	Площадь поверхности нагрева f , м ²	Номинальная плотность теплового потока, $q_{ном}$, Вт/ м ²	Показатели степени и коэффициенты в формуле (7.1)		
			n	p	$C_{пр}$
Радиаторы чугунные секционные					
МС-140-108	0,244	758	0,3	0,02	1,039
МС-140-98	0,240	725	0,3	0	1
Радиаторы стальные панельные однорядные					
PCB 1-1	0,71	710	0,25	0,12	1,113
PCB 1-2	0,95	712	0,25	0,12	1,113
PCB 1-3	1,19	714	0,25	0,04	0,97
PCB 1-4	1,44	712	0,25	0,04	0,97
PCB 1-5	1,68	714	0,25	0,04	0,97
То же двухрядные					
2PCB 1-1	1,42	615	0,15	0,08	1,09
2PCB 1-2	1,9	619	0,15	0,08	2,09
2PCB 1-3	2,38	620	0,15	0	1
2PCB 1-4	2,88	618	0,15	0	1
2PCB 1-5	3,36	620	0,15	0	1
Конвекторы настенные “Универсал”					
КН20-0,400	0,952	420	0,3	0,18	1
КН20-0,655	1,830	357	0,3	0,18	1
КН20-1,049	2,94	357	0,3	0,18	1
КН20-1,442	4,039	358	0,3	0,18	1
Конвекторы напольные типа “Ритм”					
КО20-0.915	12,78	443	0,25	0,1	1
КО20-1.370	12,78	532	0,25	0,1	1
КО20-2.140	12,78	577	0,25	0,1	1

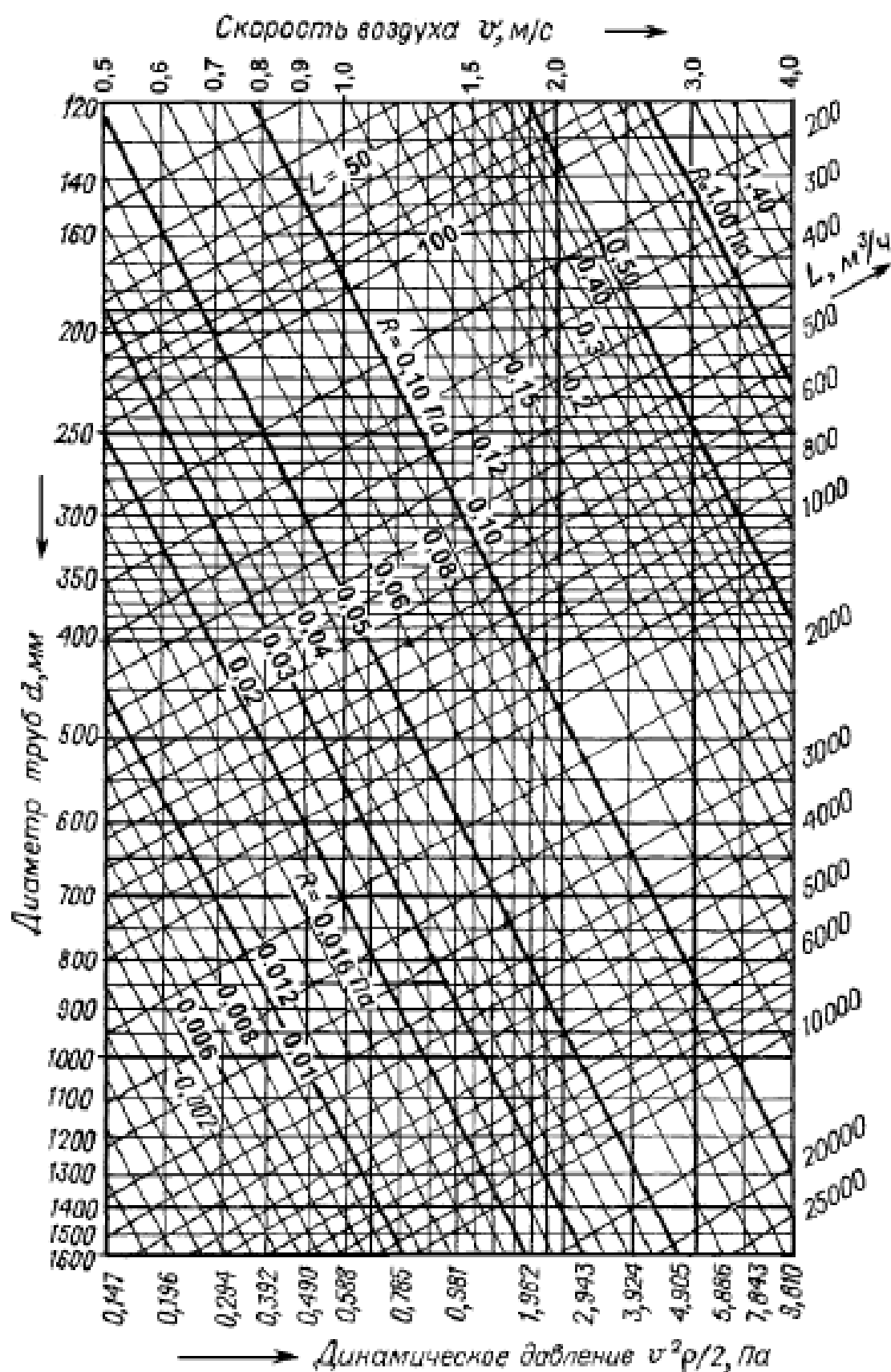
Номограмма для гидравлического расчета систем отопления



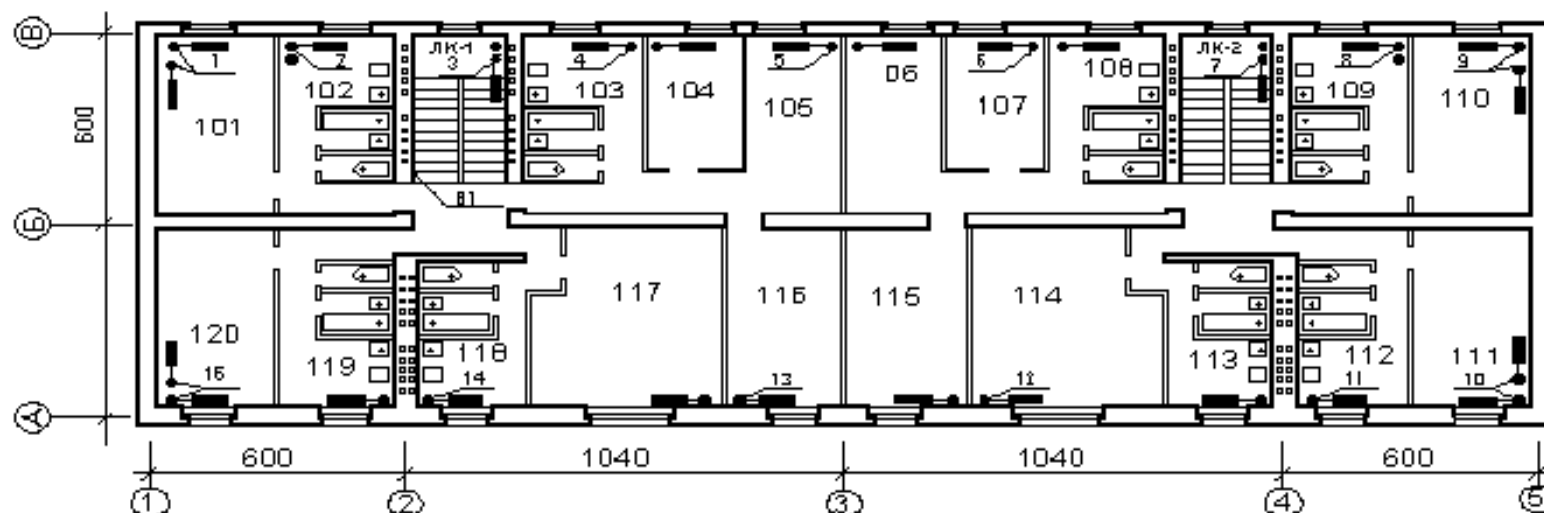
**КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ
НЕКОТОРЫХ ЧАСТЕЙ ВОЗДУХОВОДОВ**

Местное сопротивление	Эскиз	Коэффициент местного сопротивления ξ					
Жалюзийная решетка		2					
Колено прямоугольное со скошенным углом		1,0					
Тройник под углом 90° на проходе потока		F_n/F_c	Значение ξ при L_n/L_c				
			0,2	0,4	0,6	0,7	0,8
		0,1 0,4 1	0,5 0,4 0,4	1,5 1 0,7	4,4 2,8 1,6	8,4 5,2 2,8	20 12,3 623
Тройник под углом 90° на ответвлении потока		F_o/F_n	Значение ξ при L_n/L_c				
			0,1	0,2	0,4	0,5	0,7
		0,1 0,2 0,4	0,3 -1,7 -9,4	0,9 0,6 -0,6	1 1 1	1 1 1	1 1 1,1
Вытяжная шахта с зонтом		1,3					

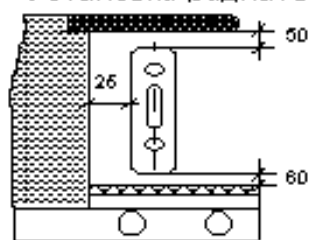
НОМОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА КРУГЛЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЗДУХОВОДОВ



Примеры чертежей систем отопления и вентиляции



Установка радиатора



					КП. 2908. 01. 10. - 444			
					ЖИЛОЕ ЗДАНИЕ			
Изм.	Лист	На докуп.	Подп.	Дата	ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ	Стация	Лит	Листы
Разрб.						У	1	4
Пров.								
Т. Кооп.								
Н. Кооп.								
Угн.					ПЛАН ПЯТОГО ЭТАЖА С СИСТЕМАМИ О И В	ДВГУПС кафедра "Гидравлика и водоснабжение"		

Рис.1

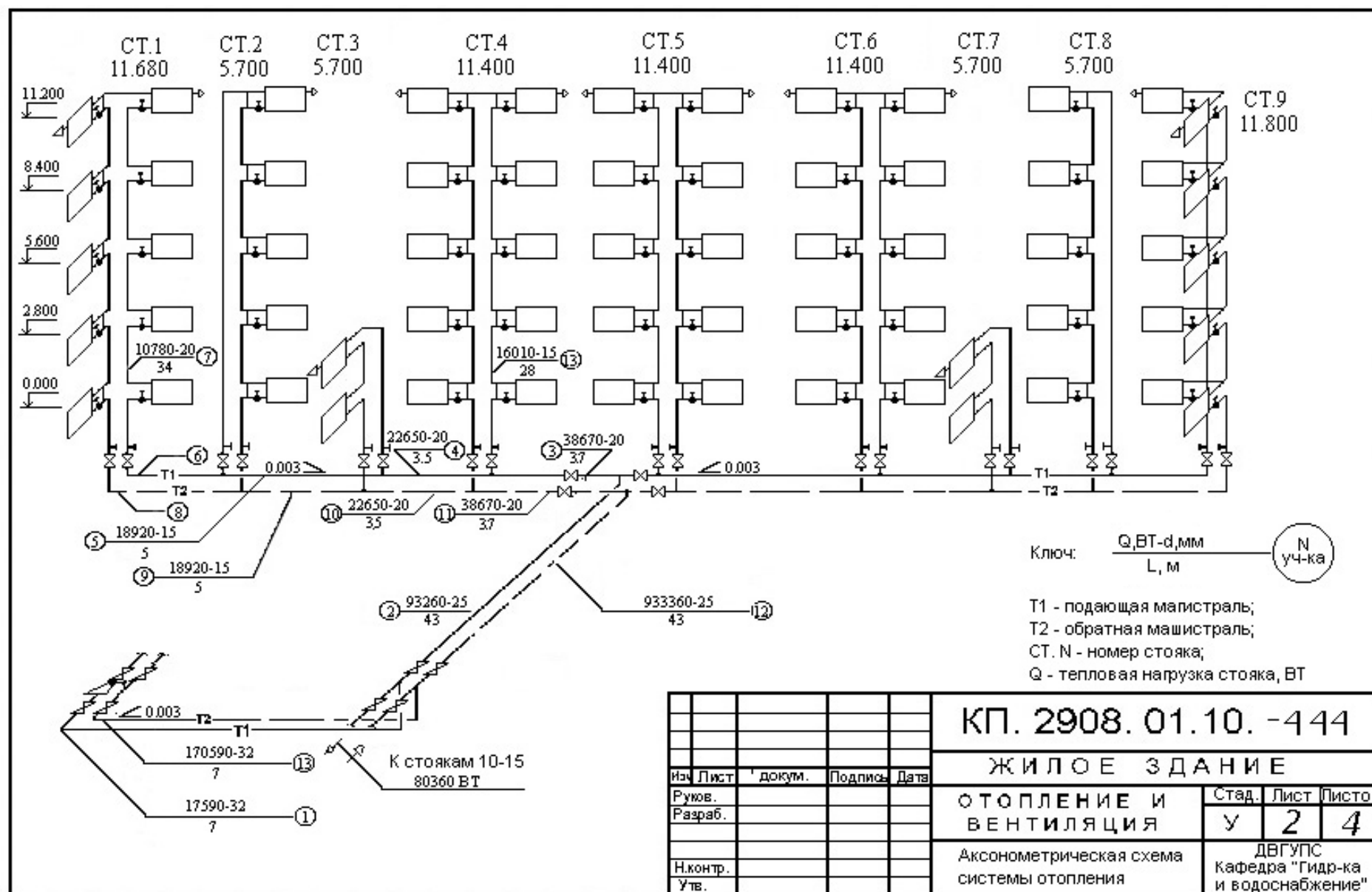
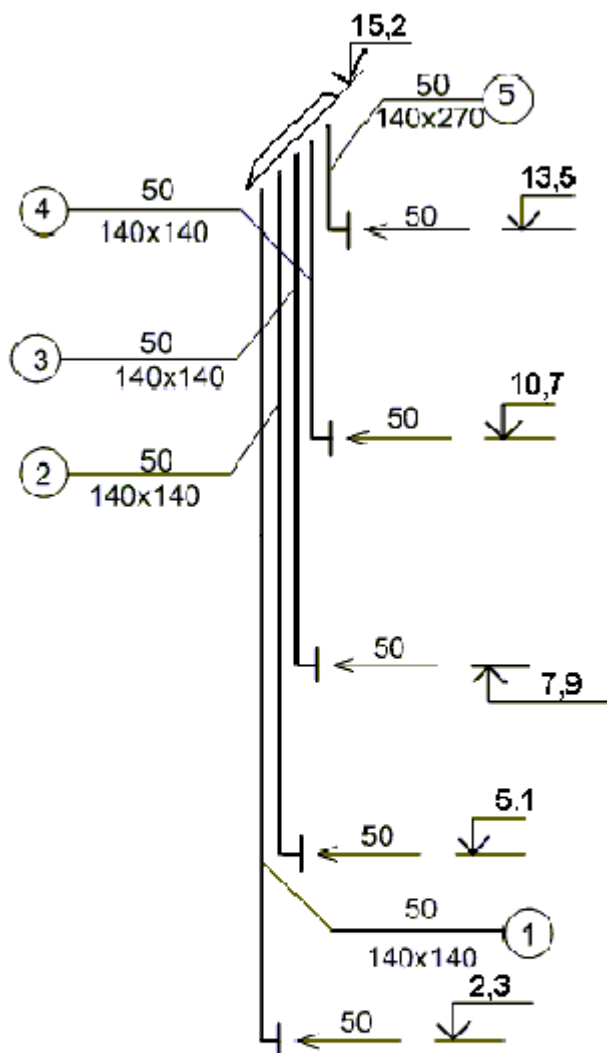


Рис.3

АксонOMETрические схемы системы вентиляции

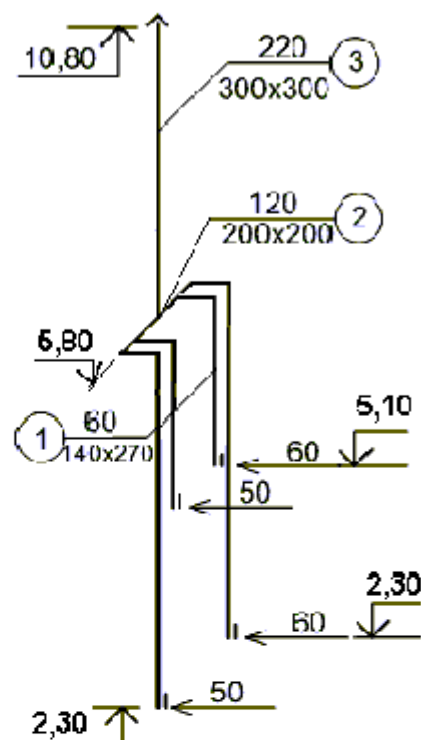
При бесчердачном перекрытии.

К примеру 5.



При чердачном перекрытии.

К примеру 6.



Ключ:

Расход L , м³/час (№)
Сечение канала, мм (уч-ка)

КП 2908.01.12-443				
ЖИЛОЕ ЗДАНИЕ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Руков.				
Разраб.				
ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ			Стадия	Лист
			У	2
АксонOMETрическая схема системы вентиляции			Листов	
			4	
Н.контр.			ДВГУПС	
Утв.			Кафедра «Гидравлика и водоснабжение»	
			2003	

Рис. 4

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Задание к курсовому проекту “Отопление и вентиляция здания”

Исходные данные:

Проект отопления и вентиляции выполнить для здания, план типового этажа которого приведен в прил. 13 рис. 3, фрагмент разреза на рис. 3.3.

Варианты задания

Наименование		Последняя цифра шифра, указанного в зачетной книжки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Количество этажей		Два			Три			Два		Три	
Вариант конструкции наружной стены (прил. 3)		1		2		3		4		5	
Вариант перекрытия (покрытия)	Чердачного	–	–	–	–	1	2	3	1	2	3
	Бесчердачного	1	2	3	4	–	–	–	–	–	–
Вариант перекрытия над подвалом (прил. 3)		1			2			3			
Район строительства (город по прил. 2)		23	14	18	10	19	9	3	13	5	16
Наименование		Предпоследняя цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ориентация фасада А-А на:		Ю	С	З	В	Ю	С	З	В	Ю	С
Источник теплоснабжения		Тепловые сети с температурой воды в подающем трубопроводе – 150 °С, обратном – 70 °С									
Перепад давления в теплосети, МПа		0,15	0,12	0,10	0,08	0,15	0,12	0,10	0,08	0,12	0,10
Подключение системы отопления здания к тепловой сети		Через гидроэлеватор				Через теплообменник с параметрами теплоносителя в здании 85–60 °С					
Наименование		Предпоследняя цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Система побуждения		За счет перепада давления в теплосети				Естественная циркуляция			С насосной циркуляцией		

Содержание проекта:

1. Пояснительная записка.

- 1.1. Описать нормируемый климат в помещениях, назначить расчетные параметры наружного воздуха.
- 1.2. Определить теплопотери для трех помещений: №101, 215 и 211 (в трехэтажных зданиях – №101, 215 и 311).
 - 1.2.1. Определить термические сопротивления наружных ограждений.
 - 1.2.2. Определить теплопотери через ограждения помещений.
 - 1.2.3. Определить потери теплоты на нагрев инфильтрующегося через окна воздуха (только для помещений, в которых рассчитывались теплопотери) и бытовые тепловыделения.
 - 1.2.4. Определить суммарные потери теплоты здания. Для помещений, в которых теплопотери не определялись, их назначить ориентировочно.
- 1.3. Выбрать и обосновать конструкцию системы отопления.
- 1.4. Выполнить гидравлический расчет самого большого и малого колец системы отопления.
- 1.5. Выбрать тип и рассчитать нагревательные приборы на стояке расчетного большого кольца.
- 1.6. Рассчитать и подобрать необходимое оборудование системы отопления (водонагреватель, насос, расширительный бак или гидроэлеватор).
- 1.7. Выбрать и обосновать конструкцию системы вентиляции.
- 1.8. Определить воздухообмен в помещениях здания.
- 1.9. Выполнить аэродинамический расчет системы вентиляции.

2. Чертежи.

- 2.1. План подвала с системой отопления. М 1:100.
- 2.2. План типового этажа с системой отопления и вентиляции. М 1:100.
- 2.3. План чердака с системой отопления и вентиляции. М 1:100.
- 2.4. Аксонометрическая схема системы отопления. Без масштаба.
- 2.5. Аксонометрическая схема системы вентиляции. Без масштаба.
- 2.6. Схема теплового узла. Без масштаба.

Библиографический СПИСОК

1. СНиП 2.08.01.–89. Жилые здания. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 16 с.
2. СНиП 2.04.05.–91* . Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 72 с.
3. СНиП II–3–79^{**}. Строительная теплотехника. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.
4. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учеб. для вузов / К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.
5. Богословский, В.Н. Отопление и вентиляция / В.Н. Богословский, В.Н. Щеглов, Н.Н. Разумов. – М.: Стройиздат, 1990. – 295 с.
6. Гусев, В.М. Теплоснабжение и вентиляция: Учебник для вузов / В.М. Гусев. – Л.: Стройиздат, 1973. – 232 с.
7. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. I: Отопление, водопровод, канализация: Справочник проектировщика / Под ред. И.Г. Старовойтова – М.: Стройиздат, 1990. – 430 с.