

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

# **ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Методические указания

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2013

УДК 728:62(075.8)

ББК 38.711:30я73

И62

*Методические указания подготовлены в рамках проекта  
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рецензенты: генеральный директор ООО “Технострой проект”, кандидат технических наук, профессор, Заслуженный строитель РФ В.С. Абрашитов;  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» К.О. Чичиров (ПГУАС)

**Инженерное** обеспечение жилых зданий: метод. указания  
И62 / Т.И. Королева, А.А. Кузьмишкин, Е.Н. Кучеренко; под  
общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза:  
ПГУАС, 2013. – 52 с.

Рассмотрены основы расчёта средств обеспечения теплового режима зданий, порядок теплотехнической оценки ограждающих конструкций и методика проектирования строительных ограждений исходя из условий теплоустойчивости, теплоусвоения, паро- и воздухопроницаемости. Приведены методические рекомендации по расчёту теплопотерь через наружные ограждения, а также по расчёту и конструированию систем отопления и гидравлическому расчёту трубопроводов.

Методические указания обеспечивают знанием правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, образцов продукции, выпускаемой предприятием, а также знаниями методов проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов, включая методики инженерных расчетов систем, объектов и сооружений

Методические указания подготовлены на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Контур» и предназначено обучающимся по программе переподготовки “Инженерное обеспечение зданий и сооружений”.

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2013

© Королева Т.И., Кузьмишкин А.А.,  
Кучеренко Е.Н, 2013

## ВВЕДЕНИЕ

В тех помещениях, где пребывают или работают люди (жилые, общественные и другие здания), требуется поддерживать необходимый микроклимат.

Особое внимание уделяется обеспечению теплового режима в зданиях в периоды резких похолоданий и надежной работе отопительно-вентиляционного оборудования.

Организм способен к терморегуляции. Но ещё в 1884 году И.Д. Флавицкий указывал, что лишь требуемое совокупное воздействие температуры  $t_v$ , влажности  $\phi_v$ , скорости окружающего воздуха  $v_v$  и температур внутренних поверхностей  $t_{вп}$  – ограждений, мебели – обеспечивает комфортность среды.

Изложенные в методических указаниях подходы позволяют при минимальных энерго- и материальных затратах обеспечить комфортный режим микроклимата помещений, который важен для создания среды обитания человека, а также для сохранения зданий и

# 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Студент получает бланк задания, подписанный преподавателем, с указанием фамилии студента, проставляет в бланке задания шифр (номер по списку в журнале), номер варианта плана, место строительства, ориентацию фасада здания по сторонам света согласно табл. 1-3, марку отопительного прибора, параметры воды во внешней тепловой сети и разводку трубопроводов системы отопления. Необходимо выписать из СНиП [6] для указанного места строительства температуры наружного воздуха – наиболее холодной пятидневки  $t_H$  обеспеченностью 0,92, среднюю за отопительный период  $t_{от.пер}$  – и продолжительность отопительного периода.

Все исходные данные принимают в зависимости от номера по списку в журнале.

1. План здания и ориентацию фасада – по альбому планировок согласно табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Последняя цифра номера по списку в журнале	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер варианта планировки	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

2. Город, климатические данные которого являются исходными, выбирают по табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номер по списку	Город	Номер по списку	Город
01	Москва	15	Курск
02	Пермь	16	Псков
03	Саратов	17	Иркутск
04	Санкт-Петербург	18	Ярославль
05	Саранск	19	Омск
06	Тамбов	20	Новосибирск
07	Рязань	21	Казань
08	Владимир	22	Хабаровск
09	Киров	23	Воронеж
10	Оренбург	24	Вологда
11	Иваново	25	Челябинск
12	Ульяновск	26	Волгоград
13	Мурманск	27	Красноярск
14	Архангельск	28	Якутск

3. Ориентацию фасада здания по сторонам света принимают по табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Последняя цифра номера по списку в журнале	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ориентация фасада	СВ	С	СЗ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СВ	СЗ

4. Число этажей для всех вариантов – 5 этажей.

5. Вид системы отопления – водяная, однотрубная или двухтрубная.

6. Параметры теплоносителя в системе отопления – 105...70 °С или 95...70 °С.

Курсовая работа состоит из расчётно-пояснительной записки и графической части.

*Оформление расчётно-пояснительной записки предусматривает:*

- 1) теплотехнический расчёт ограждающих конструкций здания;
- 2) расчёт теплопотерь, заполнение ведомости подсчета теплопотерь, определение удельной тепловой характеристики здания с точки зрения работы системы отопления;
- 3) выбор системы отопления и параметров теплоносителя;
- 4) гидравлический расчёт трубопроводов системы отопления;
- 5) расчёт нагревательной поверхности отопительных приборов;
- 6) расчёт и подбор элеватора;
- 7) выбор и расчёт системы вентиляции.

В расчётно-пояснительную записку подшиваются расчётные схемы системы отопления и системы вентиляции.

Графическая часть (объем один лист формата А1) включает:

- 1) план этажа с нанесением ориентации здания и количества секций в приборах по этажам (М 1:100);
- 2) план подвала при нижней разводке или план чердака при верхней разводке (М 1:100);
- 3) разрез здания с указанием элементов систем отопления и вентиляции;
- 4) аксонометрическую схему системы отопления (М 1:100);
- 5) схему элеваторного узла;
- 6) узлы системы отопления (подключение отопительных приборов к стояку и подключение стояка к магистрали);
- 7) спецификацию системы отопления;
- 8) спецификацию оборудования элеваторного узла;
- 9) удельные технико-экономические показатели системы отопления.

## 2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Теплотехнические качества ограждений принято характеризовать величиной сопротивления теплопередаче  $R_0$ . Правильно выбранная конструкция ограждения и строго обоснованная величина его сопротивления теплопередаче обеспечивают требуемые условия микроклимата и экономичность конструкции здания.

Теплотехнический расчёт выполняется для всех наружных ограждений – стен, покрытий, полов, окон, дверей. Расчет производится для холодного периода года с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению.

### 2.1. Расчет толщины утепляющего слоя стены

При выполнении теплотехнического расчёта для зимних условий прежде всего следует убедиться, что конструктивное решение проектируемого ограждения позволяет обеспечить необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия микроклимата.

При выполнении теплотехнического расчета ограждений важно учитывать назначение и условия эксплуатации помещения, которые определяются температурой  $t_{в}$ , °С, и относительной влажностью  $\phi_{в}$ , %, внутреннего воздуха, значения которых регламентируются санитарными нормами, строительными нормами и правилами, а также ГОСТ 12.1.005-76 (табл. 4).

Т а б л и ц а 4  
Расчетные параметры внутреннего воздуха для жилого здания

Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха $t_{в}$ , °С	Относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_{в}$ , %
Жилая комната, квартира	20	50-55
Жилая угловая комната, квартира	22	50-55
Кухня квартиры	18	50-55
Лестничная клетка в жилом доме	16	50-55
Коридор в квартире	20	50-55

П р и м е ч а н и е . В районах с температурой  $t_{хл} = -31$  °С и ниже в жилых комнатах надо принимать  $t_{в} = 20$  °С.

Известно, что строительные материалы являются капиллярно-пористыми телами и интенсивно поглощают влагу из окружающей среды. Следовательно, теплофизические характеристики материалов при расчетах строительных ограждений – расчетные коэффициенты теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·°С), и теплоусвоения  $S$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С) – следует принимать с учетом зоны влажности и влажностного режима помещения. Зона влажности района застройки может быть сухой, нормальная и влажная и определяется по схематической карте территории РФ [1]. Влажностный режим помещения бывает сухой, нормальный, влажный и мокрый. Для холодного периода в жилых зданиях принимается режим нормальный [1], для других помещений он выбирается в зависимости от  $\varphi_{в}$ , % (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Влажностный режим помещения

Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в}$ , %, при $t_{в} = 12...24$ °С	Влажностный режим помещения
$\varphi_{в} \leq 50$	Сухой
$50 < \varphi_{в} \leq 60$	Нормальный
$60 < \varphi_{в} \leq 75$	Влажный
$\varphi_{в} > 75$	Мокрый

С учетом зоны влажности и влажностного режима помещения выбираются условия эксплуатации (А или Б) для ограждающих конструкций по табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещения (по табл. 5)	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Исходя из условий эксплуатации А и Б для материалов ограждающих конструкций значения коэффициентов теплопроводности и теплоусвоения  $\lambda$  и  $S$  выбираются по [1].

Для обеспечения необходимых санитарно-гигиенических и комфортных условий микроклимата требуемое сопротивление теплопередаче определяется по формуле

$$R_0^{тр} = \frac{(t_b - t_n)n}{\Delta t_n \cdot \alpha_b}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}, \quad (1)$$

где  $t_b$  – расчётная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий (ГОСТ 12.1.005–88) или по табл. 4;

$t_n$  – расчётная температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

$n$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (см. табл. 8);

$\Delta t_n$  – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С (см. табл. 9);

$\alpha_b$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), определяется по табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_b$   
у внутренней поверхности

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_b$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты $h$ ребер к расстоянию $a$ между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	
3. Зенитных фонарей	

П р и м е ч а н и е . Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии со СНиП 2.10.03-84.



Таблица 8

Значение коэффициента  $n$ , учитывающего положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху

Ограждающие конструкции	Коэффициент $n$
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенные ниже уровня земли	0,4

Таблица 9

Значение нормируемого температурного перепада  $\Delta t^H$ , °С

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t^H$ , °С, для		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0
2. Общественные, кроме указанных в п.1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5
3. Производственные с сухим и нормальными режимами	$t_B - t_P$ , но не более 7	$0,8(t_B - t_P)$ , но не более 6	2,5
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_B - t_P$	$0,8(t_B - t_P)$	2,5

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °С·сут, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{оп}}) \cdot Z_{\text{оп}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{в}}$  – см. уравнение (1);

$t_{\text{оп}}$  – средняя температура отопительного периода, °С;

$Z_{\text{оп}}$  – продолжительность отопительного периода, сут;

По [6] или по табл. 10 находят приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций  $R_0^{\text{пр}}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, в зависимости от вида здания и градусо-суток отопительного периода. Это значение  $R_0^{\text{пр}}$ , устанавливаемое исходя из условий энергосбережения, является исходной величиной для определения толщины утеплителя.

Т а б л и ц а 10

Нормы сопротивления теплопередаче  
ограждающих конструкций

Здания и помещения	Градусо-сутки отопительного периода, °С · сут	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{\text{пр}}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подпольями и подвалами	ОКОН И БАЛКОННЫХ ДВЕРЕЙ	фонарей
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	2000	2,1	3,2	2,8	0,35	0,25
	4000	2,8	4,2	3,7	0,40	0,30
	6000	3,5	5,2	4,6	0,45	0,35
	8000	4,2	6,2	5,5	0,50	0,40
	10000	4,9	7,2	6,4	0,55	0,45
	12000	5,6	8,2	7,3	0,60	0,50
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	2000	1,6	2,4	2,0	0,33	0,23
	4000	2,4	3,2	2,7	0,38	0,28
	6000	3,0	4,0	3,4	0,43	0,33
	8000	3,6	4,8	4,1	0,48	0,38
	10000	4,2	5,6	4,8	0,53	0,43
	12000	4,8	6,4	5,5	0,58	0,48
Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,21	0,19
	4000	1,8	2,5	1,8	0,24	0,22
	6000	2,2	3,0	2,2	0,27	0,25
	8000	2,6	3,5	2,6	0,30	0,28
	10000	3,0	4,0	3,0	0,33	0,31
	12000	3,4	4,5	3,4	0,36	0,34

П р и м е ч а н и е . Промежуточные значения  $R_0^{\text{пр}}$  следует определять интерполяцией.

Термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции вычисляют по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (3)$$

где  $\delta$  – толщина слоя, м;

$\lambda$  – расчётный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°С), определяемый по [7].

При температуре внутреннего воздуха в жилой неугловой комнате 20 °С и относительной влажности воздуха 55 % по [7] устанавливают, что влажностный режим этой комнаты в зимний период – нормальный.

Далее рассчитывают предварительную толщину слоя утеплителя  $\delta_{ут}$ , м, по формуле

$$\delta_{ут} = \left[ R_o^{тр} - \left( \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н} \right) \right] \cdot \lambda_{ут}, \quad (4)$$

где  $\delta_i$  – толщина отдельных слоев ограждающей конструкции, м, по заданию;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м·°С) [7];

$\lambda_{ут}$  – коэффициент теплопроводности утепляющего слоя, Вт/(м·°С), определяемый по [7];

$\alpha_н$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый по [7];

$\alpha_в$  – см. формулу (1).

Уравнение (4) решают относительно неизвестной толщины  $\delta$  утеплителя. В качестве утеплителя рекомендуется использовать эффективные полимерные теплоизоляционные материалы: пенополистирол, пенопласт, пенополиуретан.

Толщину кирпичной кладки принимают кратной 0,5 кирпича, но не менее 0,51 м; бетонных блоков или панелей для стен – кратной 50 мм, но не менее 0,3 м; толщину теплоизоляционного слоя из сыпучих материалов и легких бетонов – кратной 20 мм, но не менее 0,08 м.

Уточняют общее фактическое сопротивление теплопередаче  $R_o^ф$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, для всех слоев ограждения по выражению

$$R_o^ф = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{1}{\alpha_н}. \quad (5)$$

Т а б л и ц а 11

Значение коэффициента теплопередачи у наружной поверхности  $\alpha_n$ 

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплопередачи у наружной поверхности $\alpha_n$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Таким образом, условие теплотехнического расчёта выполнено, так как  $R_o^\Phi > R_o^{np}$ .

Коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), для данной ограждающей конструкции определяют по уравнению

$$k = \frac{1}{R_o^\Phi}. \quad (6)$$

## 2.2. Расчет толщины утепляющего слоя покрытия

Требуемое сопротивление теплопередаче определяют по формуле (1), где расчётная температура внутреннего воздуха  $t_v$ , °С, принимается по нормам проектирования соответствующих зданий (ГОСТ 12.1.005–88); расчётная холодная температура  $t_n$ , °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, – по [6]; коэффициент  $n$  – по [6], в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху; нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности огра-

ждающей конструкции  $\Delta t_n$ , °С, – по [6]; коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения  $\alpha_v$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), – по [6].

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) вычисляют по формуле (2), где средняя температура отопительного периода  $t_{оп}$ , °С, и продолжительность отопительного периода  $Z_{оп}$ , сут, принимаются в соответствии [6].

Далее находят предварительную толщину слоя утеплителя по формуле (4).

Уточняют общее фактическое сопротивление теплопередаче  $R_o^\phi$  для всех слоев ограждения по формуле (5).

Коэффициент теплопередачи для данной ограждающей конструкции определяют по уравнению (6).

### 2.3. Расчет толщины утепляющего слоя пола

Требуемое сопротивление теплопередаче определяют по формуле (1).

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) вычисляют по формуле (2), °С сут.

Величина сопротивления теплопередаче ограждения с учетом энергосбережения  $R_o^{пр}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, установленная по [7], равна 1,85.

Далее находят предварительную толщину слоя утеплителя по формуле (4).

Уточняют общее фактическое сопротивление теплопередаче  $R_o^\phi$  для всех слоев ограждения по выражению (5).

Коэффициент теплопередачи для данной ограждающей конструкции определяют по уравнению (6).

### 2.4. Теплотехнический расчёт световых проемов

В практике строительства жилых зданий применяется одинарное, двойное и тройное остекление в деревянных, пластмассовых или металлических переплётах, спаренное или отдельное. Теплотехнический расчёт световых проемов и выбор их конструкций осуществляется с учётом района строительства и назначения помещений.

Требуемое термическое общее сопротивление теплопередаче  $R_o^{тр}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, для световых проемов определяют в зависимости от величины ГСОП по [7].

Затем в соответствии с [7] или табл. 12 по значению  $R_o^{тр}$  выбирают конструкцию светового проема с приведенным сопротивлением теплопередаче  $R_o$  при условии  $R_o^\phi > R_o^{тр}$ .

Таблица 12

Фактическое приведенное сопротивление окон,  
балконных дверей и фонарей  $R_o^{\Phi}$

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{\text{TP}}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	
	в деревянных или ПВХ пе- реплетах	в алюми- ниевых пе- реплетах
1	2	3
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4	-
Двойное остекление в отдельных переплетах	0,44	0,34*
Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером: 194×194×98 244×244×98	0,31 (без переплета) 0,33 (без переплета) 0,31 (без переплета)	
Профильное стекло коробчатого сечения		
Двойное из органического стекла для зенитных фо- нарей	0,36	-
Тройное из органического стекла для зенитных фо- нарей	0,52	-
Тройное остекление в отдельно-спаренных переплетах	0,55	0,46
Однокамерный стеклопакет:		
из обычного стекла	0,38	0,34
из стекла с твердым селективным покрытием	0,51	0,43
из стекла с мягким селективным покрытием	0,56	0,47
Двухкамерный стеклопакет:		
из обычного стекла (с межстекольным рассто- янием 6 мм)	0,51	0,43
из обычного стекла (с межстекольным рассто- янием 12 мм)	0,54	0,45
из стекла с твердым селективным покрытием	0,58	0,48
из стекла с мягким селективным покрытием	0,68	0,52
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,53
Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах:		
из обычного стекла	0,56	-
из стекла с твердым селективным покрытием	0,65	-
из стекла с мягким селективным покрытием	0,72	-
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	-

\* В стальных переплетах

## Окончание табл. 12

1	2	3
Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах :		
из обычного стекла	0,68	-
из стекла с твердым селективным покрытием	0,74	-
из стекла с мягким селективным покрытием	0,81	-
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,82	-
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7	-
Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,74	-
Четырехслойное остекление в двух спаренных переплетах	0,8	-

## Примечания :

1. К мягким селективным покрытиям стекол относят покрытия с коэффициентом излучения менее 0,15, к твердым – более 0,25.

2. Значения приведенных сопротивлений теплопередаче заполнений световых проемов даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема равно 0,75.

Значения приведенных сопротивлений теплопередаче, указанные в таблице, допускается применять в качестве расчетных в случае отсутствия таких значений в стандартах или технических условиях.

3. Температура внутренней поверхности конструктивных элементов окон зданий (кроме производственных) должна быть не ниже 3 °С при расчетной температуре наружного воздуха.

Выбирают конструкцию окна в зависимости от величины  $R_o^{тр}$ ,  $м^2 \cdot °С / Вт$ , и с учетом выполнения условия  $R_o^ф > R_o^{тр}$ .

Коэффициент теплопередачи остекления (окна)  $k_{ок}$  определяют по формуле (6).

## 2.5. Теплотехнический расчёт наружных дверей

Величина требуемого общего сопротивления теплопередаче  $R_o^{тр}$  для наружных дверей (кроме балконных) должна быть не меньше значения  $0,6 R_o^{тр}$  для стен зданий и сооружений, определяемого при расчёте зимней температуры наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [6].

Принимают фактическое общее сопротивление теплопередаче наружных дверей  $R_{o,дв}^{\phi} = R_o^{TP}$ , тогда фактическое общее сопротивление теплопередаче наружных дверей  $R_{o,дв}^{\phi}$ ,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , находят из выражения

$$R_{o,дв}^{\phi} = 0,6 \frac{n \cdot (t_b - t_{хп(0,92)})}{\Delta t_n \cdot \alpha_b}, \quad (7)$$

где  $n$ ,  $t_b$ ,  $t_{хп(0,92)}$ ,  $\Delta t_n$ ,  $\alpha_b$  – см. формулу (1).

Коэффициент теплопередачи наружных дверей  $k_{дв}$  вычисляют по уравнению (6).

### 3. РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ НАРУЖНЫМИ ОГРАЖДЕНИЯМИ ПОМЕЩЕНИЙ

В отапливаемых зданиях при наличии разности температур между внутренним и наружным воздухом постоянно происходят потери тепла через ограждающие конструкции: наружные стены, покрытия, полы и проемы (окна, двери). Системы отопления должны восполнять эти потери для поддержания в помещениях внутренней температуры, требуемой санитарными нормами [6].

#### 3.1. Расчет теплопотерь

Потери тепла (основные и добавочные) определяются для каждого отапливаемого помещения (кроме санузлов) и лестничных клеток последовательно через отдельные ограждения.

Результаты расчёта теплопотерь сводятся в табл. 13.

Заполнение табл. 13 производится следующим образом (по графам).

**Графа 1.** Каждое помещение нумеруется трехзначной цифрой, в которой первая цифра номера означает этаж, на котором находится помещение; вторая и третья – номер помещения на этаже.

Нумерация помещений начинается с верхнего левого угла по ходу часовой стрелки.

Лестничные клетки обозначаются большими буквами русского алфавита: А, Б и т.д.

**Графа 2.** Внутренняя температура воздуха в помещениях различного назначения принимается согласно [9] или по табл. 4.

В угловых помещениях расчётную температуру воздуха следует принимать на  $2^\circ C$  выше указанной в табл. 4. При наличии двух и более наружных стен добавка, равная 0,05, не учитывается, если температура внутреннего воздуха в угловых помещениях повышена на  $2^\circ C$  [10].



Таблица 13

Ведомость расчёта теплопотерь помещений

1	Номер помещения и его наименование	2	Температура внутреннего воздуха $t_{вн}$ , °С	3	Наименование ограждения	4	Ориентация	5	Размеры $a \times b$ , м	6	Площадь $A$ , м <sup>2</sup>	7	Расчетная разность температур $t_{вн} - t_{нв}$ , °С	8	Коэффициент $n$	9	Коэффициент теплопередачи ограждения $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	10	Основные теплопотери, Вт, $Q_0 = k \cdot A \cdot (t_{вн} - t_{нв}) \cdot n$	11	С учетом ориентации $q_1$	12	При наличии дутья и более стен $q_2$	13	На открывание дверей $q_3$	14	1 + 2 + 3 + 4	15	Теплопотери с учетом доборов $Q_{ог}$ , Вт	16	Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха $Q_{ин}$ , Вт	17	Бытовые тепловые выделения $Q_6$ , Вт	18	Полные теплопотери $Q_{полн}$ , Вт
---	------------------------------------	---	---	---	-------------------------	---	------------	---	--------------------------	---	------------------------------	---	--	---	-----------------	---	--	----	--	----	---------------------------	----	--------------------------------------	----	----------------------------	----	---------------	----	--	----	---	----	---------------------------------------	----	------------------------------------

Графа 3. Наименования ограждений обозначаются следующим образом:

- НС – наружная стена;
- ДО – двойное остекление;
- ТО – тройное остекление;
- ПЛ – полы;
- ПТ – потолок;
- ДН – дверь наружная.

Для помещений 1-го этажа теплотери определяются через наружные стены, остекление, полы. Для помещений промежуточного этажа – через наружную стену, остекление. Для помещений верхнего этажа – через наружную стену, остекление, потолок.

Теплотери для лестничной клетки определяются для всех этажей сразу, через все ограждающие конструкции.

Графа 4. Наименования сторон света обозначаются сокращенно: С, СВ, СЗ, Ю, ЮЗ, ЮВ, В, З.

Графа 5. Обмер площадей наружных ограждений при подсчете потерь тепла через них должен выполняться с соблюдением определенных правил. Площади измеряются путём внешнего обмера:

- площади окон (ТО), дверей (ДН) – по наименьшему строительному проему (рис. 1);

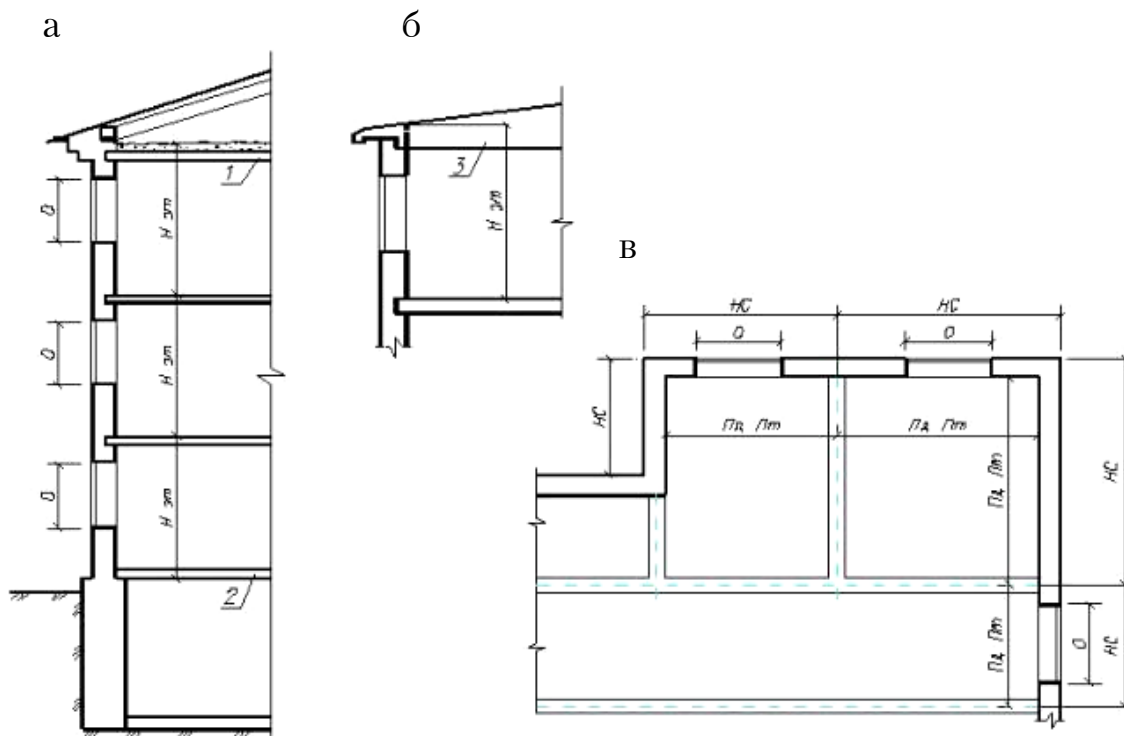


Рис. 1. Обмер площадей в плане и по высоте:  
а – чердачное перекрытие; б – пол над неотапливаемым подпольем;  
в – бесчердачное покрытие

- площади потолка (ПТ) и пола (ПЛ) – между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружной стены (рис. 1,в);
- площади наружных стен (НС):
  - а) на плане – по внешнему периметру между наружным углом и осями внутренних стен (см. рис. 1, в);
  - б) по высоте: на первом этаже (в зависимости от конструкции пола)
- от нижней поверхности перекрытия над подпольем до чистого пола второго этажа; на средних этажах – от поверхности пола до следующего этажа; на верхнем этаже – от поверхности пола до верха конструкции чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия (рис. 1, б).

При заполнении графы 5 необходимо значения площадей санузлов и коридоров прибавлять к соответствующим расчётным площадям смежных помещений.

**Графа 7.** В графу 7 выносятся расчётная разность температур между внутренней температурой помещения и температурой наружного воздуха:  $(t_b - t_n)$ , где  $t_n$  – температура наружного воздуха в холодный период года.

**Графа 8.** Коэффициент  $n$  определяется по [6].

**Графа 9.** Коэффициент теплопередачи  $k$  принимается по результату теплотехнического расчёта.

Коэффициент теплопередачи для окон и дверей рассчитывается по формуле

$$k''_{\text{ок(дв)}} = k_{\text{ок(дв)}} - k_{\text{ст}}.$$

**Графа 10.** Основные теплотери, Вт, вычисляются по формуле и записываются в графу 10 табл. 4 с точностью до 10 Вт:

$$Q = k \cdot A \cdot (t_b - t_n) \cdot n. \quad (8)$$

**Графа 11.** Величины добавок на ориентацию стен, дверей и световых проемов по сторонам света берутся из рис. 2.

**Графа 12.** При наличии двух и более стен принимается добавка, равная 0,05.

**Графа 13.** Добавка на поступление холодного воздуха через наружные двери при их кратковременном открывании с учётом высоты здания  $H$ , м, принимается:

– для двойных дверей с тамбуром

$$\beta = 0,27H. \quad (9)$$

Эта добавка относится к теплотерям дверей и учитывает потребность в расходе тепла на подогрев врывающегося через открытые двери наружного воздуха. Добавка не учитывается, если дверь является летней или запасной.

Графа 14. В графу вносится общий множитель  $(1 + \sum \beta)$ .

Графа 15. В графу записывается произведение значений граф 10 и 14.

Графа 16. Теплотери на инфильтрацию для жилых зданий следует рассчитывать по формуле

$$Q_{и} = 0,28 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot k_{н}, \quad (10)$$

где  $L$  – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый приточным воздухом; определяется из расчёта  $3 \text{ м}^3/\text{ч}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади жилых помещений и кухни,  $L = 3 \cdot A_{\text{пола}}$ ;

$c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$k_{н}$  – коэффициент, учитывающий влияние встречного теплового потока в конструкциях, равный:

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

0,8 – для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами;

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

1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами, открытых проемов;

$\rho$  – плотность наружного воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (см. табл. 14).

Графа 17. Бытовые тепловыделения определяются из расчёта  $21 \text{ Вт}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади пола по формуле

$$Q_{\text{быт}} = 21A_{\text{п}}, \quad (11)$$

где  $A_{\text{п}}$  – площадь пола,  $\text{м}^2$ .

Графа 18. Полные теплотери помещений,  $\text{Вт}$ , вычисляются по формуле

$$Q_{\text{пол}} = \sum Q_{\text{об}} + Q_{и} - Q_{\text{быт}}, \quad (12)$$

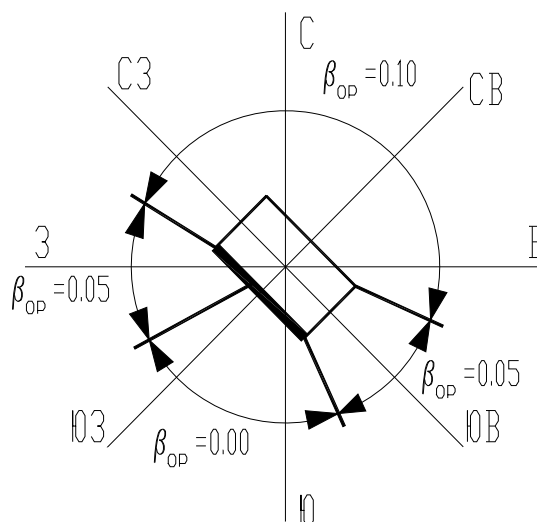


Рис. 2. Добавка на ориентацию стен

где  $\sum Q_{об}$  – основные теплотери в помещении, Вт;  
 $Q_{и}$  – теплотери на инфильтрацию в жилых зданиях, Вт;  
 $Q_{быт}$  – бытовые тепловыделения, Вт.

Далее суммируются значения полных теплотерь всех помещений рассчитываемого здания.

Таблица 14

Плотность воздуха в зависимости от температуры

$t, ^\circ\text{C}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	1,248	1,243	1,239	1,235	1,230	1,226	1,222	1,217	1,213	1,209	1,205
$t, ^\circ\text{C}$	21	22	23	24	25	26	27	-10	-11	-12	-13
$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	1,201	1,197	1,193	1,189	1,185	1,181	1,177	1,242	1,348	1,358	1,363
$t, ^\circ\text{C}$	-14	-15	-15	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24
$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	1,363	1,368	1,374	1,379	1,385	1,394	1,396	1,401	1,406	1,412	1,418
$t, ^\circ\text{C}$	-25	-26	-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35
$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	1,423	1,429	1,435	1,441	1,447	1,453	1,459	1,465	1,471	1,477	1,483
$t, ^\circ\text{C}$	-36	-37	-38	-39	-40	-41	-42	-43	-44	-45	
$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	1,489	1,496	1,502	1,509	1,515	1,523	1,528	1,535	1,542	1,549	

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

Для теплотехнической оценки объемно-планировочных и конструктивных решений и ориентировочного расчёта теплотерь здания используют показатель – удельную тепловую характеристику здания  $q_{уд}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), которая при известных теплотерях здания равна:

$$q_{уд} = \frac{Q_{зд}}{\alpha \cdot V_{н} \cdot (t_{в} - t_{н})}, \quad (13)$$

где  $Q_{зд}$  – ориентировочная потеря тепла всем зданием, Вт;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние климатических условий на удельную тепловую характеристику (табл. 15);

$V_n$  – строительный объем зданий, м<sup>3</sup>, принимаемый по его наружным габаритам;

$t_b$  – преобладающая внутренняя температура, °С;

$t_n$  – расчётная температура наружного воздуха, °С.

Таблица 15

Значение коэффициента  $\alpha$  для жилых зданий

Средняя температура наиболее холодной пятидневки $t_{х.п.}$ , °С	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
Поправочный коэффициент	1,45	1,29	1,17	1,08	1	0,95	0,9	0,86	0,83

Величину  $q_{уд}$  сравнивают со средними значениями удельной тепловой характеристики аналогичных зданий, приведёнными в табл. 16. Она не должна отличаться от справочной величины  $q_{уд}$  больше, чем на  $\pm 15\%$ .

Таблица 16

Удельные тепловые характеристики жилых зданий

Здания	Объем зданий, тыс. м <sup>3</sup> , до				
	3	5	10	15	20
Жилые здания	0,49	0,44	0,39	0,36	0,34

## 5. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

В курсовой работе необходимо запроектировать центральную систему водяного отопления. Источник теплоснабжения – ТЭЦ. Параметры воды во внешней тепловой сети и марка отопительного прибора указываются в исходных данных к курсовой работе. Если в исходных данных приведен тип разводки трубопроводов, то проектируется система отопления с этим типом разводки. Двухтрубные системы водяного отопления применяются в зданиях высотой до четырех этажей при искусственной циркуляции [8], причем верхняя разводка устраивается при наличии чердака, а нижняя разводка – в зданиях с бесчердачным покрытием (рис. 3).

Для жилых зданий в соответствии с нормативными требованиями [5] предельная температура теплоносителя составляет: 95 °С – для двухтрубных и 105 °С – для однострубно-ных систем водяного отопления.

Необходимо для системы отопления, принятой к расчёту, указать регулируемую и запорную арматуру, способ выпуска воздуха из системы, способ опорожнения отдельных стояков и всей системы, схему движения воды в отопительных приборах, способ прокладки труб (в подпольных каналах, под потолком подвала, в техническом подполье, на чердаке). Отопительные приборы систем водяного отопления жилых зданий (за исключением расположенных на лестничных клетках) должны оснащаться, как правило, автоматическими терморегуляторами (термостатами).

В курсовой работе принимается непосредственное присоединение системы отопления к тепловой сети с подмешиванием воды из обратного трубопровода элеватором.

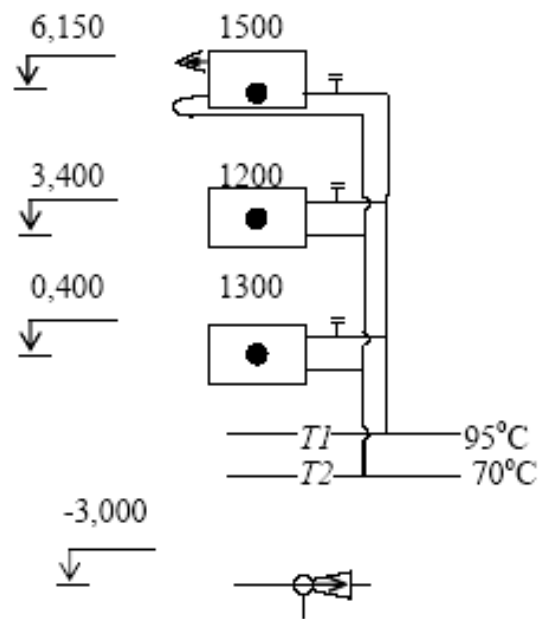


Рис. 3. Двухтрубный стояк с нижней разводкой, с односторонним подключением приборов к стояку

## 6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

### 6.1. Размещение отопительных приборов, стояков и магистралей

При проектировании систем отопления необходимо обеспечить температуру и равномерное нагревание воздуха помещения, гидравлическую и тепловую устойчивость, пожаро- и взрывобезопасность и доступность очистки и ремонта отопительных приборов.

Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длина отопительного прибора должна быть не менее 75 % длины светового проема. При размещении приборов под окнами вертикальные оси прибора и оконного проема должны совпадать (отклонение не более

50 мм). При расстановке отопительных приборов надо учитывать, что в помещениях, не имеющих вертикальных наружных ограждений (например, во внутренних коридорах), приборы не устанавливают. В угловых помещениях отопительные приборы следует размещать у обеих наружных стен.

Стойки прокладывают открыто и располагают преимущественно у наружных стен на расстоянии 35 мм от внутренней поверхности до оси труб. При этом стояк однотрубной системы отопления размещают на расстоянии 150 мм от оконного проема, а не по оси простенка. В угловых помещениях стойки рекомендуется устанавливать в углах наружных стен во избежание конденсации влаги на внутренней поверхности. На лестничных клетках здания предусматривают обособленные стойки, подключенные непосредственно к наружной тепловой сети до узла управления. Это позволяет использовать высокотемпературный теплоноситель и обеспечивает экономию труб, сокращает поверхность отопительных приборов и повышает надежность работы системы отопления при резких понижениях температуры наружного воздуха.

Магистраль системы отопления прокладывают на чердаках и в подвальных помещениях.

На магистралях, стояках и подводках следует предусматривать регулирующую арматуру (вентили, задвижки, краны и т.д.).

Тепловую изоляцию выполняют для трубопроводов (магистралей) систем отопления, прокладываемых в отапливаемых помещениях, в местах, где возможно замерзание теплоносителя [2].

Удаление воздуха из систем отопления при теплоносителе «вода» следует производить в верхних точках системы отопления. В системах водяного отопления для спуска воздуха, как правило, используются проточные воздухоотборники или краны конструкции Маевского. Краны для спуска воздуха располагают на подводках к отопительным приборам или в пробках радиаторов верхних этажей.

#### Примечания:

1. Приборы наносят на планы в виде прямоугольников.
2. Магистрали систем отопления располагают на планах чердака (при верхней разводке) на расстоянии от 1 до 1,5 м от наружных стен. На плане подвала условно показывают узел ввода, наносят подающие и обратные магистрали и стойки.



## 6.2. Составление схемы системы отопления

Схему системы отопления (рис. 4) выполняют в масштабе 1:100 в косоугольной проекции под углом  $45^\circ$  с указанием фактических длин горизонтальных и вертикальных труб. На схеме системы отопления показывают все элементы и узлы системы, трубы, запорно-регулирующую арматуру на магистралях, изгибы труб, компенсаторы, стояки с отопительными приборами, воздухоотборники (на рис. 4,а,б для наглядности условно стояки обеих систем отопления показаны без отопительных приборов и запорно-регулирующей арматуры). В практике проектирования аксонометрическую схему вычерчивают отдельно пофасадно (рис. 5) с разработкой стояков в соответствии с наименованием системы отопления.

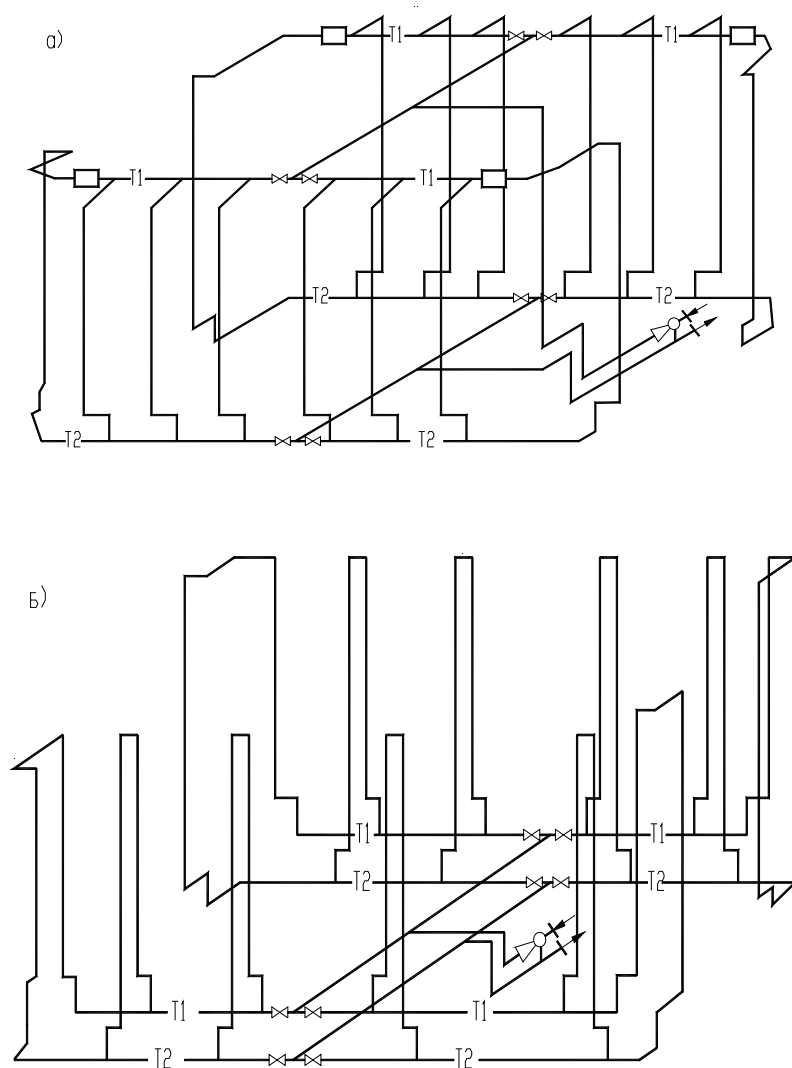


Рис. 4. Схема вертикальной тупиковой системы водяного отопления:  
а – однотрубная с верхней разводкой;  
б – однотрубная с нижней разводкой

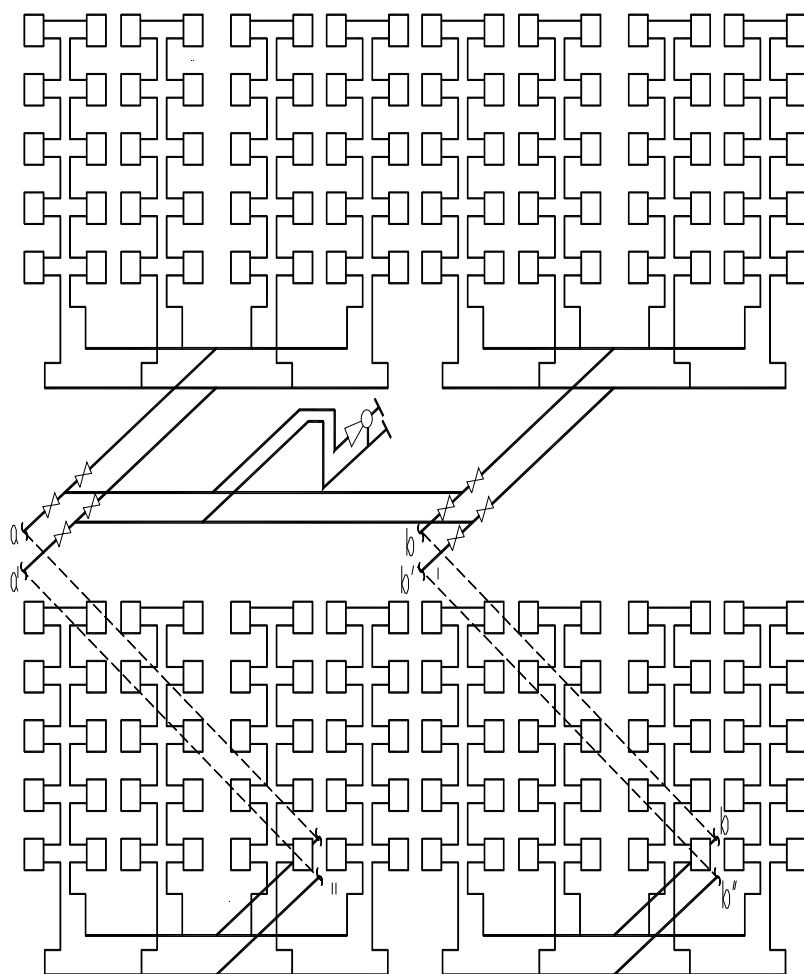


Рис. 5. Схема вертикальной тупиковой однетрубной посекционной системы водяного отопления

### 6.3. Гидравлический расчёт главного циркуляционного кольца

Задача гидравлического расчёта состоит в обоснованном выборе экономических диаметров труб с учетом принятых перепадов давлений и расходов теплоносителя; при этом должна быть гарантирована подача его во все части системы отопления для обеспечения расчётных тепловых нагрузок отопительных приборов. Правильный выбор диаметров труб обуславливает экономию металла.

Рассмотрим последовательность гидравлического расчёта.

1. На основании расчёта теплопотерь на аксонометрической схеме указываем тепловые нагрузки отопительных приборов и стояков.

2. На аксонометрической схеме выбираем главное циркуляционное кольцо. В двухтрубных системах водяного отопления

(рис. 6) оно проходит при тупиковой разводке магистралей – через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного и удаленного от теплового центра стояка, а при попутном движении воды в магистралях – через нижний прибор наиболее нагруженного среднего стояка; в однотрубных системах отопления (рис. 7) при тупиковой схеме – через наиболее нагруженный и удаленный от теплового центра стояк, а при попутном движении – через наиболее нагруженный средний стояк (см. рис. 7).

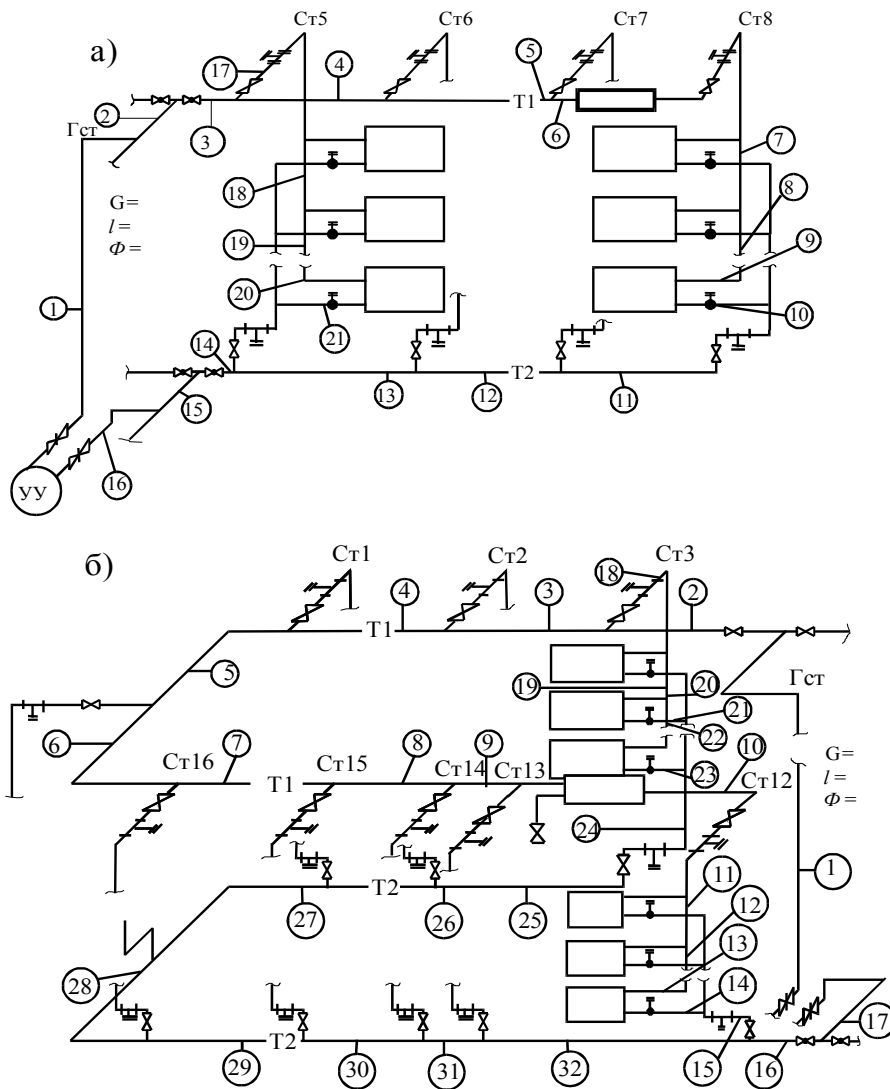


Рис. 6. Двухтрубная система отопления:  
а – тупиковая; б – с попутным движением теплоносителя

3. Главное циркуляционное кольцо разбиваем на расчетные участки, обозначаемые (см. рис. 6 и 7) порядковым номером (по ходу движения теплоносителя, начиная от узла ввода); указываем расход теплоносителя  $G$ , кг/ч, длину участка  $l$ , м, диаметр труб, мм.

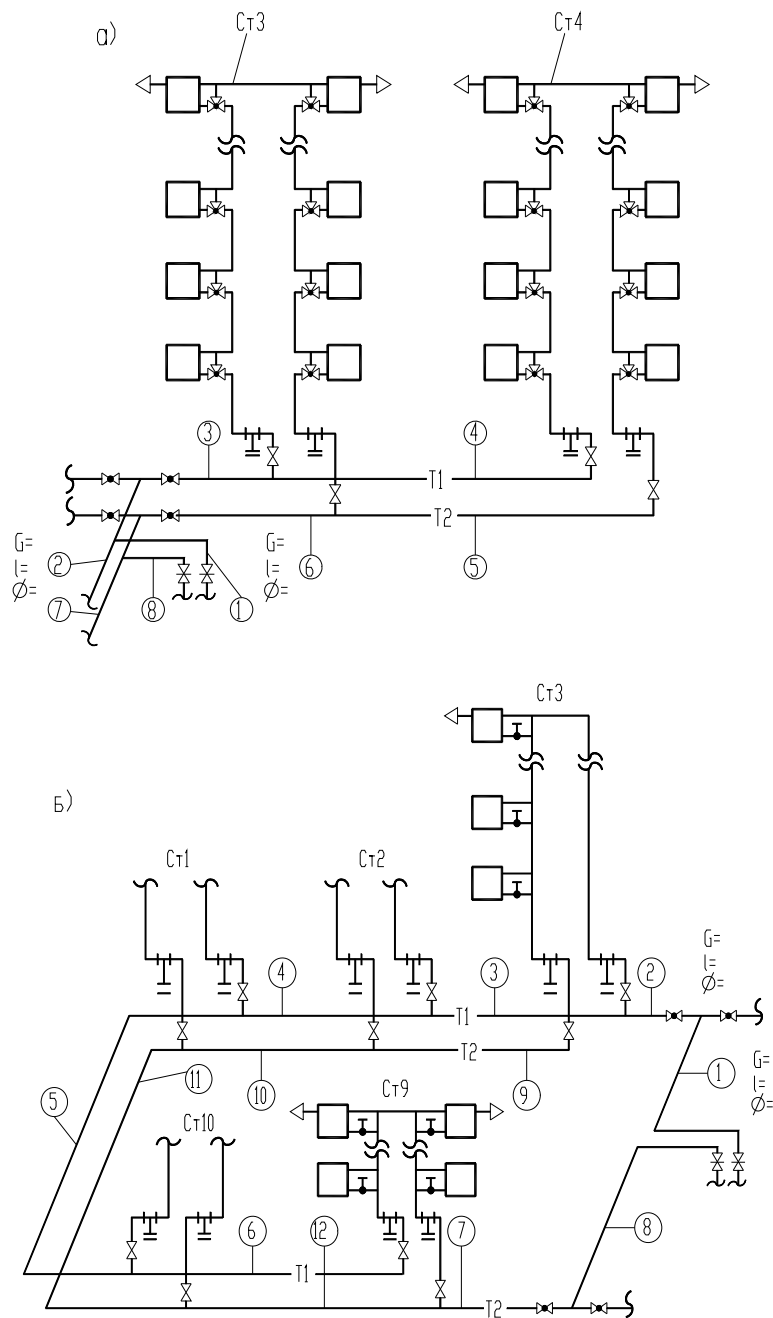


Рис. 7. Однотрубная система отопления:  
 а – тупиковая; б – с попутным движением теплоносителя

При гидравлическом расчете стояков вертикальной однотрубной системы каждый проточный и проточно-регулируемый стояки, состоящие из унифицированных узлов, рассматриваются как один общий расчетный участок.

Далее результаты расчёта главного циркуляционного кольца сводим в табл. 21. Заполняем табл. 21 следующим образом (по графам):

Графа 1. Ставим номер участка.

Графа 2. Записываем тепловые нагрузки на участках.

Графа 3. Расход теплоносителя на участке, кг/ч, определяем по формуле

$$G_{\text{уч}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{уч}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{о}})}, \quad (14)$$

где  $Q_{\text{уч}}$  – тепловая нагрузка участка, Вт (см. табл. 21, графа 2);  
 $\beta_1$  и  $\beta_2$  – поправочные коэффициенты, учитывающие дополнительную теплоотдачу в помещение (принимаются по [7, соответственно табл. 9.4 и 9.5] или табл. 17 и 18 соответственно) и шаг номенклатурного ряда отопительных приборов (см. табл. 19);

$c$  – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг·°С);

$t_{\text{г}}$  и  $t_{\text{о}}$  – соответственно температура подающей и обратной воды (см. задание).

Таблица 17

Коэффициент учета дополнительного теплового потока  $\beta_1$

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, кВт	Коэффициент $\beta_1$
0,120	1,02
0,150	1,03
0,180	1,04
0,210	1,06
0,240	1,08
0,300	1,13

Таблица 18

Коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений  $\beta_2$

Наименование отопительного прибора	Коэффициент учета $\beta_2$	
	у наружной стены, в том числе под световыми проемами	у остекления светового проема
<b>РАДИАТОР</b>		
Чугунный секционный	1,02	1,07
Стальной панельный	1,04	1,10
<b>КОНВЕКТОР</b>		
С кожухом	1,02	1,05
Без кожуха	1,03	1,07

Таблица 19

Обозначение прибора	Номинальный тепловой поток отопительных приборов, Вт
Радиаторы чугунные секционные:	
МС-140-108	185
МС-140-98	174
М-140АО	178
М-140А	164
М-90	140
МС-90-108	150
Радиаторы стальные панельные типа РСВ:	
а) однорядные	174
б) двухрядные	301
Радиаторы стальные панельные четырехходовые типа РСГ:	
а) однорядные	175
б) двухрядные	284
Конвектор настенный с кожухом «Универсал»	131
Конвектор настенный с кожухом «Универсал-С»	122
Конвектор настенный с кожухом «Комфорт-20»	165
Конвекторы с кожухом "Ритм"	455
"Ритм-1500"	2140
Конвекторы с кожухом высокие "КВ"	1135
Конвекторы настенные без кожуха "Аккорд":	
а) однорядные	112
б) двухрядные	207

Графы 6, 7. После того как был выбран диаметр  $d$  (см. табл. 20) и по [7] определено количество воды на участке  $G_{уч}$ , рассчитываем скорость движения воды  $v$  и фактическое значение удельного сопротивления  $R$ .

Таблица 20

Трубопроводы	Диаметры, мм
Магистраль	25; 32; 40; 50
Стояки	20; 25
Подводки к трубопроводам	15

Графа 8. Сумму коэффициентов местных сопротивлений (КМС) на участке  $\sum \xi$  определяем по [7]. Предварительно необходимо произвести подробный расчёт принятых значений местных сопротивле-

ний по участкам. Местные сопротивления на границе двух участков относим к участку с меньшим расходом теплоносителя.

Графа 9. Потери давления на трение получаем путем умножения значений граф 4 и 6.

Графа 10. Зная значения  $\sum \xi$  и скорости движения воды  $v$  на участке, по [7] определяем потери давления на местные сопротивления  $Z$ , Па.

Графа 11. Сложив потери давления по длине  $Rl$  и на местные сопротивления  $Z$ , найдём полные потери давления на каждом участке  $(R + l)$ .

После гидравлического расчёта главного циркуляционного кольца необходимо проверить выполнение условия

$$0,9\Delta P_p \geq \sum (Rl + Z). \quad (15)$$

Если это условие выполнено, то можно приступить к увязке расходуемых давлений в малом циркуляционном кольце через ближний стояк главного циркуляционного кольца.

После этого должно выполняться следующее условие:

$$A = \frac{\sum (Rl + Z)_{\text{гл.к}} - \sum (Rl + Z)_{\text{м.к}}}{\sum (Rl + Z)_{\text{гл.к}}} \leq 5 - 10 \%. \quad (16)$$

Таблица 21

Ведомость гидравлического расчёта

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Номер участка	Тепловая нагрузка на участке $Q_{\text{уч}}$ , Вт	Расход воды на участке $G_{\text{уч}}$ , кг/ч	Длина участка $l$ , м	Диаметр участка $d$ , мм	Удельное сопротивление на трение $R$ , Па·м	Скорость теплоносителя $v$ , м/с	Сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке $\Sigma$	Потери давления на трение на участке $R$ , Па·м	Потери давления на местные сопротивления $Z$ , Па	Суммарные потери $(Rl + Z)$ , Па
<i>Главное циркуляционное кольцо</i>										
<i>Малое циркуляционное кольцо</i>										

Потери давления в увязываемых между собой циркуляционных кольцах (без общих участков) могут отличаться не более чем на:

15% – при тупиковой схеме;

5% – при попутной схеме.

При невозможности увязки потерь давления следует предусмотреть установку диафрагмы (дроссельной шайбы) диаметром  $d_{III}$ , мм.

$$d_{III} = 3,5 \cdot \sqrt{\frac{G}{\sqrt{\Delta P_{III}}}}, \quad (17)$$

где  $\Delta P_{III}$  – разница давлений между кольцами, Па.

Результаты заносим в табл. 21.

## 7. РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Для поддержания в помещении требуемой температуры необходимо, чтобы количество тепла, отдаваемого отопительными приборами, установленными в помещении, соответствовало расчётным теплотерям помещения.

### 7.1. Единица измерения поверхности отопительного прибора

Важнейшим теплотехническим показателем отопительной системы является коэффициент теплоотдачи прибора и площади его внешней поверхности.

С целью обеспечения единого теплотехнического показателя с 1967 года была введена условная единица измерения площади – эквивалентный квадратный метр (ЭКМ).

Однако площадь в ЭКМ не соответствует физической площади в  $m^2$ . Например, у отопительных приборов типа гладкотрубного регистра, панельного радиатора, имеющих коэффициент теплоотдачи больше, чем у эталонного прибора, площадь в ЭКМ превышает их физическую площадь в  $m^2$ , и наоборот, у малоэффективных приборов типа конвектора, ребристой трубы площадь в ЭКМ меньше площади в  $m^2$ .



В связи с этим с 1984 года в инженерных расчетах отказались от измерения площади поверхности отопительного прибора в ЭКМ и перешли на  $\text{м}^2$ .

## 7.2. Расчет площади отопительных приборов в двухтрубных системах отопления

В двухтрубных системах отопления расчет поверхности нагрева отопительных приборов производится при постоянном температурном перепаде в каждом приборе, равном перепаду температуры теплоносителя на стояке, т.е.  $t_r - t_0$ ,  $^{\circ}\text{C}$ .

Расчет площади каждого отопительного прибора стояка осуществляется отдельно в определенной последовательности:

1. Вычерчивается расчетная схема стояка (рис. 8), проставляются на ней диаметры труб и величина теплового потока прибора, равная теплотерям помещения.

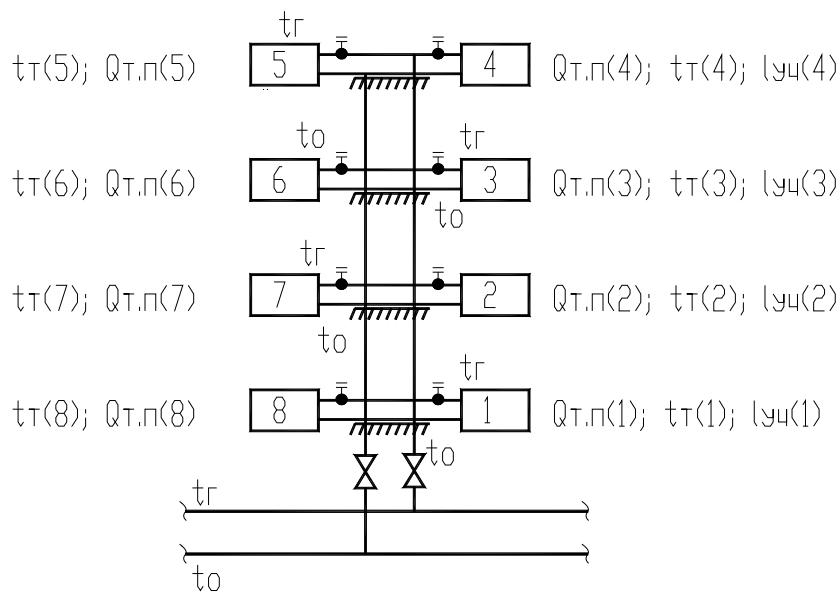


Рис. 8. Расчетная схема стояка двухтрубной системы водяного отопления

2. Вычисляется суммарное понижение расчетной температуры воды  $\Delta t_{\text{п.м}}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , на участках подающей магистрали от начала системы до рассматриваемого стояка по (табл. 22) [14].

Величина понижения температуры воды  
в изолированной подающей магистрали

$D_y$ , мм	25-32	40	50	65-100	125-150
$\Delta t_{п.м}$	0,40	0,40	0,30	0,20	0,1

3. Определяется суммарное понижение расчетной температуры воды  $\Delta t_{п.ст}$ , °С, на участках подающего стояка от магистрали до рассчитываемого прибора:

$$\Delta t_{п.ст.i} = \sum_{i=1}^n \frac{g_{bi} \cdot l_{уч.i} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{уч.i}}, \quad (18)$$

где  $g_{bi}$  – теплоотдача 1 м вертикальной трубы, Вт/м, на  $i$ -м участке подающего стояка, определяется по [14] в зависимости от диаметра участка подающего стояка и разности температуры теплоносителя  $t_T$ , °С, на входе в помещение и температуры окружающего воздуха  $t_B$ , °С;

$l$  – длина  $i$ -го участка подающего стояка, м, принимаемая равной высоте этажа;

$G_{уч.i}$  – расход воды на  $i$ -м участке подающего стояка с учетом предыдущей отопительной нагрузки, кг/ч;

$\beta_1, \beta_2$  – то же, что и в формуле (14).

Температура теплоносителя  $t_T$  (на участке) на входе в рассматриваемое помещение определяется по ходу движения теплоносителя по уравнению, °С:

для первого прибора

$$t_{T(1)} = t_T - \Delta t_M; \quad (19)$$

для второго прибора

$$t_{T(2)} = t_T - \Delta t_M - \Sigma \Delta t_{п.ст(1)}; \quad (20)$$

для третьего прибора

$$t_{T(3)} = t_T - \Delta t_M - (\Delta t_{п.ст(1)} + \Delta t_{п.ст(2)}) \quad (21)$$

и т.д.

Значения  $\Delta t_{п.ст}$  вычисляются последовательно и непосредственно после расчета  $t_T$  на предыдущем участке подающего стояка. При двухстороннем присоединении отопительных приборов в двухтруб-

ных системах отопления значения  $t_T$  на одном этаже принимаются одинаковыми.

Расход воды на каждом участке подающего стояка на входе в рассматриваемое помещение определяется по формуле, кг/ч:

для первого прибора

$$G_{\text{уч}(1)} = \frac{\Sigma Q_{\text{уч}(1)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c(t_{T(1)} - t_0)}; \quad (22)$$

для второго прибора

$$G_{\text{уч}(2)} = \frac{\Sigma Q_{\text{уч}(2)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c(t_{T(2)} - t_0)}; \quad (23)$$

для третьего прибора

$$G_{\text{уч}(3)} = \frac{\Sigma Q_{\text{уч}(3)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c(t_{T(3)} - t_0)} \quad (24)$$

и т.д.,

где  $\Sigma Q_{\text{уч}(1-3)}$  – суммарные теплопотери на участке подающего стояка на входе в рассматриваемое помещение, с учетом  $Q_{\text{пр}}$  вышележащего отопительного прибора Вт;

$t_{T(1...3)}$  – температура теплоносителя на участке подающего стояка на входе в рассматриваемое помещение, °С.

4. Рассчитывается средний температурный напор в отопительном приборе с учетом понижения температуры воды в подающей магистрали и стояке:

$$\Delta t_{\text{ср}.i} = 0,5 \left[ t_T - (\Delta t_{\text{п.м}} + \sum \Delta t_{\text{п.ст}.i}) + t_0 \right] - t_B. \quad (25)$$

5. Определяется общее количество воды, циркулирующей в  $i$ -м отопительном приборе, с учетом понижения температуры воды в подающей магистрали и стояке, кг/ч:

$$G_{\text{пр}.i} = \frac{Q_{\text{т.п}.i} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \left[ t_{Ti} - (\Delta t_{\text{п.м}} + \sum \Delta t_{\text{п.ст}.i}) - t_0 \right]}, \quad (26)$$

где  $Q_{\text{т.п}.i}$  – теплопотери в  $i$ -м помещении, Вт;

$t_T, t_0, c, \beta_1, \beta_2$  – то же, что и в уравнении (14);

$\sum \Delta t_{\text{п.ст}.i}$  – определяется по формуле (18);

$\Delta t_{\text{п.м}}$  – принимается по табл. 22.

6. Вычисляется расчетная плотность теплового потока  $i$ -го отопительного прибора для теплоносителя (воды), Вт/м<sup>2</sup>:

$$g_{\text{пр.}i} = g_{\text{ном}} \left( \frac{\Delta t_{\text{ср.}i}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{\text{пр.}i}}{360} \right)^p, \quad (27)$$

где  $g_{\text{ном}}$  – номинальная плотность теплового потока, полученная при стандартных условиях, Вт/м<sup>2</sup>, и принимаемая по табл. 23;

$n, p$  – показатели для определения теплового потока отопительного прибора, устанавливаются по [14, табл. 9.2, с. 44] в зависимости от  $G_{\text{пр}}$ , кг/ч, и схемы подачи теплоносителя в приборы.

Т а б л и ц а 23

Номинальная плотность теплового потока  
отопительных приборов при движении воды сверху вниз

Наименование и обозначение отопительного прибора	Номинальная плотность теплового потока, Вт/м
1	2
Радиаторы чугунные секционные	
МС-140-108	758
МС-140-98	725
МС-140-АО	595
МС-140-А	646
М-90	700
МС-90-108	802
Радиаторы стальные панельные типа РСВІ	
однорядные	712
двухрядные	618
Радиаторы стальные панельные типа РСГ-2	
однорядные	712
двухрядные	618
Конвектор настенный с кожухом типа «Универсал»	357
Конвектор настенный с кожухом типа	
«Универсал-С»	345
Конвекторы настенные с кожухом типа	
«Комфорт-20»	462
«Ритм» и «Ритм-1500»	429
высокие типа «КВ»	517
Конвекторы настенные без кожуха типа «Аккорд»	
однорядные	343
двухрядные	317

1	2
Конвекторы растопные без кожуха типа «Прогресс-15»	
однорядные	290
двухрядные	274
Конвекторы настенные с кожухом типа «Прогресс-20»	
однорядные	280
двухрядные	255
Биметаллические отопительные приборы типа «Коралл»	
однорядные	510
двухрядные	469
Трубы отопительные чугунные ребристые	388

Примечание. Плотность теплового потока  $g_{пр}$  уменьшается при нестандартных условиях работы приборов [31] с понижающим коэффициентом:

- для секционных и панельных радиаторов (РСВ) при движении воды снизу вниз в двухтрубных системах – 0,89, в однотрубных системах – 0,98; при движении воды снизу вверх в двухтрубных системах – 0,79; в однотрубных – 0,86;
- для двухходовых горизонтальных панельных радиаторов (РСГ-2) при движении воды снизу вверх – 0,95;
- для конвекторов, устанавливаемых в два яруса (один над другим), типа «Аккорд» – 0,93, «Прогресс-15» – 0,89, «Прогресс-20» – 0,87;
- для ребристых труб, устанавливаемых в два яруса, – 0,90, в три яруса – 0,82;
- для гладких труб, устанавливаемых в два-четыре яруса, диаметром 32 мм – 0,93, диаметром от 40 до 100 – 0,85.

Таблица 24

Значения показателей  $n, p, c$  для определения теплового потока отопительных приборов

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя $G$ , кг/ч	$n$	$p$	$c$
1	2	3	4	5	6
Радиатор чугунный секционный и стальной панельный однорядный и двухрядный типа РСВ1	Сверху вниз	18-50	0,3	0,02	1,039
		54-536		0	1,0
		536-900		0,01	0,996
	Снизу вниз	18-115	0,15	0,08	1,092
		119-900		0	1,0
	Снизу вверх	18-61	0,25	0,12	1,113
		65-900		0,04	0,97
Конвектор настенный с кожухом типа «Комфорт-20» и конвектор напольный с кожухом типа «Ритм», «Ритм-1500»	-	36-86 90-900	0,35	0,18 0,07	1

Окончание табл. 24

1	2	3	4	5	6
Конвектор напольный высокий типа «КВ»	-	36-900	0,25	0,1	1
Конвекторы настенные с кожухом типов «Универсал», «Универсал С»	Любое	36-86 90-900	0,3	0,18 0,07	1
Конвектор настенный без кожуха типа «Аккорд» однорядный и двухрядный	Любое	36-900	0,2	0,03	1
Радиатор стальной панельный типа РСГ2 однорядный	Сверху вниз	22-288 324-900	0,3	0,025 0	1
	Снизу вверх	22-288 324-900	0,25	0,08 0	1
То же двухрядный	Сверху вниз	22-288 324-900	0,3	0,01 0	1
	Снизу вверх	22-288 324-900	0,25	0,08 0	1
Конвектор отопительный типа «Прогресс 15к»	Любое	36-900	0,2	0,06	1
То же «Прогресс 20к»	-	36-900	0,14	0,07	1
Труба отопительная чугунная	-	36-900	0,25	0,07	1
Прибор отопительный биметаллический литой типа «Коралл»	-	96-900	0,3	0,04	1
Труба отопительная стальная $D_y=40-100$	Любое	30-900	0,32	0	1

7. Определяется полезная теплоотдача труб стояка и подводок, проложенных в  $i$ -помещении, Вт:

$$Q_{\text{тр},i} = g_{\text{в},i} \cdot l_{\text{в},i} + g_{\text{г},i} \cdot l_{\text{г},i}, \quad (28)$$

где  $g_{\text{в},i}, g_{\text{г},i}$  – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб в  $i$ -помещении, Вт/м, принимаемая по [14] в зависимости от диаметра и разности температуры теплоносителя  $t_{\text{г},i}$ , °С, на входе его в рассматриваемое помещение и температуры воздуха в помещении.

$$t_{\text{г},i} = t_{\text{г}} - (\Delta t_{\text{п},\text{м}} + \sum \Delta t_{\text{п},\text{ст},i}) \quad (29)$$

здесь  $l_{\text{в},i}, l_{\text{г},i}$  – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах  $i$ -го помещения, м;

$\Delta t_{\text{п},\text{ст},i}$  определяется по формуле (18);  $\Delta t_{\text{п},\text{м}}$  принимается по табл. 22.

8. Рассчитывается требуемая теплоотдача отопительного прибора в рассматриваемом  $i$ -м помещении, Вт:

$$Q_{\text{пр.}i} = Q_{\text{т.п.}i} - \beta_{\text{тр}} \cdot Q_{\text{тр.}i}, \quad (30)$$

где  $Q_{\text{т.п.}i}$  – то же, что и в уравнении (26), Вт;

$\beta_{\text{тр}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи теплопроводов:

- при открытой прокладке  $\beta_{\text{тр}} = 0,9$ ;
- при скрытой прокладке  $\beta_{\text{тр}} = 0,5$ ;
- при прокладке в тяжелом бетоне  $\beta_{\text{тр}} = 1,8$ .

Вычисляется расчетная наружная площадь  $i$ -го отопительного прибора,  $\text{м}^2$ :

$$A = \frac{Q_{\text{пр.}i}}{g_{\text{пр.}i}}, \quad (31)$$

где  $g_{\text{пр.}i}$  рассчитывается по формуле (27).

Определение количества отопительных приборов в зависимости от расчетной площади производится по [14].

Результаты расчета отопительных приборов каждого стояка системы водяного отопления рекомендуется сводить в табл. 25.

Т а б л и ц а 25

Ведомость расчета отопительных приборов  
в двухтрубных системах водяного отопления

Номер помещения	$t_{\text{в}},$ °С	$Q_{\text{тп}},$ Вт	$G_{\text{пр}},$ кг/ч	$\Delta t_{\text{п.ст}},$ °С	$\Delta t_{\text{м.м}},$ °С	$\Delta t_{\text{ср}},$ °С	$g_{\text{пр}},$ Вт/м <sup>2</sup>	$g_{\text{ном}},$ Вт/м	$Q_{\text{тр}},$ Вт	$Q_{\text{пр}},$ Вт	$A_{\text{пр}},$ м <sup>2</sup>	Размер, количество, длина прибора
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

### 7.3. Расчет площади отопительных приборов в однотрубных системах отопления

Поверхность нагрева отопительных приборов в однотрубных системах отопления (рис. 9) рассчитывается с учетом температуры теплоносителя на входе в каждый прибор  $t_{вх}$ , °С, количества теплоносителя, проходящего через прибор  $G_{пр}$ , кг/ч, и величины тепловой нагрузки прибора  $Q_{пр}$ , Вт.

Расчет площади каждого отопительного прибора осуществляется в определенной последовательности:

1. Вычерчивается расчетная схема стояка, принимаются тип отопительного прибора и место установки, схема подачи теплоносителя в прибор, конструкция узла прибора. На расчетной схеме проставляются диаметры труб, тепловая нагрузка прибора, равная теплопотерям  $Q_{т.п}$ , Вт.

2. Определяется суммарное понижение расчетной температуры воды  $\Delta t_{п.м}$  на участках подающей магистрали от начала системы до рассматриваемого стояка в соответствии с п. 2 подразд. 7.2.

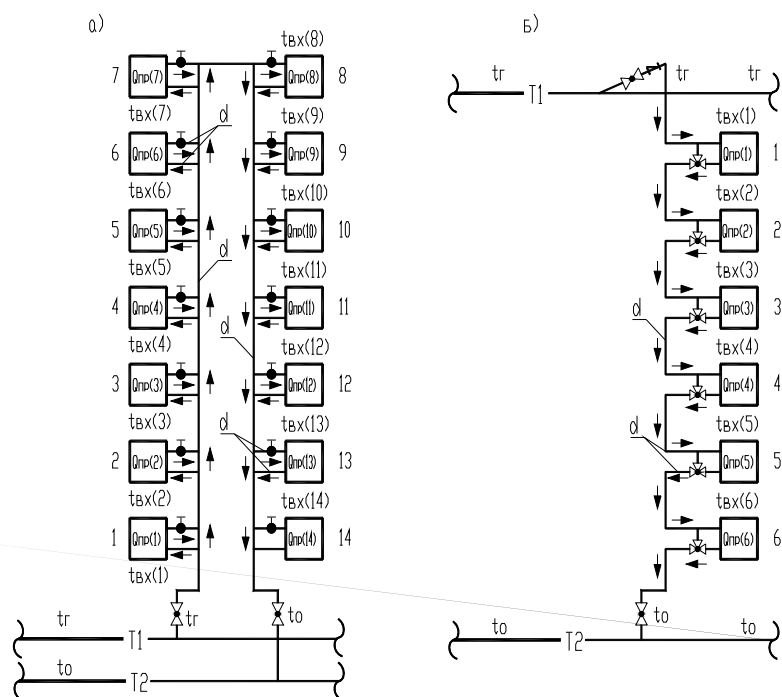


Рис. 9. Расчетная схема стояка однотрубной системы водяного отопления:  
а – с нижней разводкой; б – с верхней разводкой



3. Рассчитывается общее количество воды, кг/ч, циркулирующей по стояку:

$$G_{\text{ст}} = \frac{\sum_1^n Q_{\text{пр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot (t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{п.м}} - t_0)}, \quad (32)$$

где  $\beta_1, \beta_2, c, t_{\text{г}}, t_0$  – см. уравнение (14);

$\sum_1^n Q_{\text{пр}}$  – суммарные теплотери в помещениях, обслуживаемых стояком, Вт.

$\Delta t_{\text{п.м}}$  определяется в соответствии с п. 2 подразд. 7.2.

4. Определяется температура воды, °С, на входе в каждый отопительный прибор по ходу движения теплоносителя с учетом  $\Delta t_{\text{п.м}}$ :

для первого прибора

$$t_{\text{вх}(1)} = t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{п.м}}; \quad (33)$$

для второго прибора

$$t_{\text{вх}(2)} = t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{п.м}} - \frac{Q_{\text{пр}(1)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{\text{ст}(1)}}; \quad (34)$$

для третьего прибора

$$t_{\text{вх}(3)} = t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{п.м}} - \frac{(Q_{\text{пр}(1)} + Q_{\text{пр}(2)}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{\text{ст}(2)}}; \quad (35)$$

для четвертого прибора

$$t_{\text{вх}(4)} = t_{\text{г}} - \Delta t_{\text{п.м}} - \frac{(Q_{\text{пр}(1)} + Q_{\text{пр}(2)} + Q_{\text{пр}(3)}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{\text{ст}(3)}}. \quad (36)$$

5. Рассчитывается расход воды, кг/ч, проходящей через каждый отопительный прибор  $G_{\text{пр}}$ , кг/ч, с учетом коэффициента затекания  $\alpha$ :

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{ст}} \cdot \alpha, \quad (37)$$

где  $\alpha$  – коэффициент затекания воды в отопительный прибор, определяемый по [14] (табл. 26).

Таблица 26

Значения коэффициента затекания воды  $\alpha$   
в приборных узлах

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающим участком	Коэффициент затекания
С трехходовыми кранами	Одностороннее	-	1,00
	Двухстороннее	-	0,50
С проходным краном КРП	Одностороннее	Смещенным	0,50
		Осевым	0,33
То же	Двухстороннее	Смещенным	0,20
		Осевым	0,17

6. Определяется средняя температура воды, °С, в каждом отопительном приборе по ходу движения теплоносителя [7]:

для первого прибора

$$t_{\text{cp}(1)} = t_{\text{вх}(1)} - \frac{0,5 \cdot Q_{\text{пр}(1)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{\text{пр}(1)}}; \quad (38)$$

для второго прибора

$$t_{\text{cp}(2)} = t_{\text{вх}(2)} - \frac{0,5 \cdot Q_{\text{пр}(2)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{\text{пр}(2)}}; \quad (39)$$

для третьего прибора

$$t_{\text{cp}(3)} = t_{\text{вх}(3)} - \frac{0,5 \cdot Q_{\text{пр}(3)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 3,6}{c \cdot G_{\text{пр}(3)}} \quad (40)$$

и т.д.

Значения  $t_{\text{cp}}$  устанавливаются без учета суммарного изменения температуры воды за счет теплотерь в трубах стояка  $\sum \Delta t_{\text{п.ст}}$ .

Величину  $\sum \Delta t_{\text{п.ст}}$  в однотрубных системах водяного отопления допускается учитывать ориентировочно, используя [14].

7. Рассчитывается средний температурный напор в каждом отопительном приборе по ходу движения теплоносителя, °С:

для первого прибора

$$\Delta t_{\text{cp}(1)} = t_{\text{cp}(1)} - t_{\text{в}}; \quad (41)$$

для второго прибора

$$\Delta t_{\text{cp}(2)} = t_{\text{cp}(2)} - t_{\text{в}}; \quad (42)$$

для третьего прибора

$$\Delta t_{\text{cp}(3)} = t_{\text{cp}(3)} - t_{\text{в}} \quad (43)$$

и т.д.

8. Определяется плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>, для каждого отопительного прибора по ходу движения теплоносителя:

для первого прибора

$$g_{\text{пр}(1)} = g_{\text{ном}} \cdot \left( \frac{\Delta t_{\text{cp}(1)}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{\text{пр}(1)}}{360} \right)^p; \quad (44)$$

для второго прибора

$$g_{\text{пр}(2)} = g_{\text{ном}} \cdot \left( \frac{\Delta t_{\text{cp}(2)}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{\text{пр}(2)}}{360} \right)^p; \quad (45)$$

для третьего прибора

$$g_{\text{пр}(3)} = g_{\text{ном}} \cdot \left( \frac{\Delta t_{\text{cp}(3)}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{\text{пр}(3)}}{360} \right)^p \quad (46)$$

и т.д.,

где  $g_{\text{ном}}, n, p$  – см. уравнение (27).

9. Рассчитывается полезная теплоотдача, Вт, труб стояка, подводящих к отопительным приборам, проложенных в помещении:

для первого прибора

$$Q_{\text{тр}(1)} = g_{\text{в}(1)} \cdot l_{\text{в}(1)} + g_{\text{г}(1)} \cdot l_{\text{г}(1)}; \quad (47)$$

для второго прибора

$$Q_{\text{тр}(2)} = g_{\text{в}(2)} \cdot l_{\text{в}(2)} + g_{\text{г}(2)} \cdot l_{\text{г}(2)}; \quad (48)$$

для третьего прибора

$$Q_{\text{тр}(3)} = g_{\text{в}(3)} \cdot l_{\text{в}(3)} + g_{\text{г}(3)} \cdot l_{\text{г}(3)} \quad (49)$$

и т.д.,

где  $g_{\text{в}}, g_{\text{г}}, l_{\text{в}}, l_{\text{г}}$  – см. уравнения (28)–(29).

При определении теплоотдачи 1 м незащищенных труб по [14] разность температуры теплоносителя  $t_{\text{Г}}$  и воздуха  $t_{\text{в}}$  в помещении в

однотрубных системах отопления принимают с учетом температуры теплоносителя на входе в отопительный прибор, т.е.  $t_{\text{вх}} - t_{\text{в}}$ .

10. Определяется требуемая теплоотдача отопительного прибора, Вт, в помещении с учетом полезной теплоотдачи проложенных в помещении труб:

для первого прибора

$$Q_{\text{пр}(1)} = Q_{\text{т.п.}(1)} - \beta_{\text{тр}} \cdot Q_{\text{тр}(1)}; \quad (50)$$

для второго прибора

$$Q_{\text{пр}(2)} = Q_{\text{т.п.}(2)} - \beta_{\text{тр}} \cdot Q_{\text{тр}(2)}; \quad (51)$$

для третьего прибора

$$Q_{\text{пр}(3)} = Q_{\text{т.п.}(3)} - \beta_{\text{тр}} \cdot Q_{\text{тр}(3)} \quad (52)$$

и т.д.,

где  $Q_{\text{т.п.}}$ ,  $\beta_{\text{тр}}$  – см. уравнение (30).

11. Вычисляется расчетная наружная площадь,  $\text{м}^2$ , отопительного прибора по ходу движения теплоносителя:

для первого прибора

$$A_{\text{пр}(1)} = \frac{Q_{\text{пр}(1)}}{g_{\text{пр}(1)}}; \quad (53)$$

для второго прибора

$$A_{\text{пр}(2)} = \frac{Q_{\text{пр}(2)}}{g_{\text{пр}(2)}}; \quad (54)$$

для третьего прибора

$$A_{\text{пр}(3)} = \frac{Q_{\text{пр}(3)}}{g_{\text{пр}(3)}} \quad (55)$$

и т.д.

После определения  $A_{\text{пр}}$  по каталогам, по [14] выбирают ближайший типовой размер прибора (число секций, радиаторов, количество панелей стальных радиаторов, длину конвектора, ребристой трубы, регистра из гладких труб).

Результаты расчета отопительных приборов каждого стояка систем водяного отопления сводят в табл. 27.

Таблица 27

1	2	Тепловая нагрузка, Вт			6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		3	4	5												
		$Q_{т.п.}$	$Q_{т.р.}$	$Q_{т.пр.}$	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$G_{ст}, \text{кг/ч}$	$G_{пр}, \text{кг/ч}$	$\alpha$	$\Delta t_{п.м}, ^\circ\text{C}$	$t_{вх}, ^\circ\text{C}$	$t_{ср}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{ср}, ^\circ\text{C}$	$g_{пр}, \text{Вт/м}^2$	$A_{пр}, \text{м}^2$	Размер, количество, длина прибора	Тип прибора

#### 7.4. Расчет размера и числа отопительных приборов в системах водяного отопления

По каталогу приборов, исходя из расчетной площади, подбирают ближайший типоразмер прибора.

Число секций чугунных радиаторов, шт., определяют по следующей формуле [14]:

$$N = \frac{A_{пр}}{a_1} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3}; \quad (56)$$

где  $a_1$  – площадь одной секции радиатора,  $\text{м}^2$ , принимаемая по [14];

$\beta_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки отопительного прибора [14];

$\beta_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе; для радиаторов типа МС-140 принимается равным:

число секций	до 15	15-20	21-25
$\beta_3$	1,0	0,98	0,96

для радиаторов другого типа вычисляется по формуле

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{34}{N \cdot Q_{н.у.}}, \quad (57)$$

где  $N$  – число секций без учета коэффициентов  $\beta_3$  и  $\beta_4$ ;

$Q_{н.у.}$  – номинальный условный тепловой поток одной секции радиатора, Вт.

Число панельных радиаторов типа РСВ1 и РСВ2 рассчитывается по формуле

$$N = \frac{A_{\text{пр}}}{a_1} \quad (58)$$

где  $a_1$  – площадь одной панели, м<sup>2</sup>.

Для увеличения площади прибора отдельные панельные радиаторы объединяют в блоки из двух параллельно расположенных панелей. При этом расчетную площадь  $A_{\text{пр}}$  увеличивают, принимая понижающий коэффициент теплопередачи прибора.

Размеры конвекторов с кожухом определяют в зависимости от расчетной площади принятого типа конвектора по [14].

Число элементов конвекторов без кожуха или ребристых труб в ярусе по вертикали или в ряду по горизонтали вычисляют по формуле

$$N = \frac{A_{\text{пр}}}{n \cdot a_1}, \quad (59)$$

где  $n$  – число ярусов или рядов элементов, составляющих прибор;

$a_1$  – площадь одного элемента конвекторов или одной ребристой трубы принятой длины, м<sup>2</sup>, выбираемая по [14].

Длина греющей трубы в ярусе или в ряду гладкотрубного прибора рассчитывается по формуле

$$l_{\text{пр}} = \frac{A_{\text{пр}} \cdot \beta_4}{a_1 \cdot n}, \quad (60)$$

где  $\beta_4$  – см. формулу (56);

$n$  – число ярусов или рядов греющих труб, составляющих прибор;

$a_1$  – площадь одного метра открытой горизонтальной трубы принятого диаметра, м<sup>2</sup>/м, определяемая расчетом.

При округлении дробного числа элементов приборов любого типа до целого допускается уменьшать их расчетную площадь  $A_{\text{пр}}$  не более чем на 5 % (но не более чем на 0,1 м<sup>2</sup>) [15]. При других условиях принимается ближайший нагревательный прибор.

## 8. РАСЧЕТ И ПОДБОР ЭЛЕВАТОРА

Коэффициент смешения элеватора вычисляется по формуле

$$u = \frac{\tau_1 - t_r}{t_r - t_o}, \quad (61)$$

где  $t_r$  и  $t_o$  – см. формулу (18);

$\tau_1$  – температура воды, поступающей из наружного подающего теплопровода в элеватор, °С (по заданию).

Диаметр горловины водоструйного элеватора  $d_r$ , см, определяется по формуле

$$d_r = 1,55 \frac{G_c^{0,5}}{\Delta P_H^{0,25}}, \quad (62)$$

где  $G_c$  – расход воды в системе отопления (см. формулу (14)), т/ч;

$\Delta P_H$  – насосное циркуляционное давление для системы, кПа,

$$\Delta P_H = 100 \sum l;$$

здесь  $\sum l$  – сумма длин расчётных участков наиболее протяжённого циркуляционного кольца, м.

По вычисленному значению диаметра горловины подбирают по табл. 28 номер элеватора, имеющего диаметр горловины, ближайший меньший к полученному по формуле (62).

Диаметр сопла элеватора рассчитывается с точностью до 0,1 мм с округлением в меньшую сторону по формуле

$$d_c = \frac{d_r}{1 + u}. \quad (63)$$

Диаметр сопла следует принимать не менее 3 мм [5], его подбирают по табл. 28 в соответствии с рис. 10.

Необходимая для действия элеватора разность давлений в наружных теплопроводах  $\Delta P_T$ , кПа, при вводе их в здание вычисляется по формуле

$$\Delta P_T = 1,4 \Delta P_H (1 + u)^2. \quad (64)$$

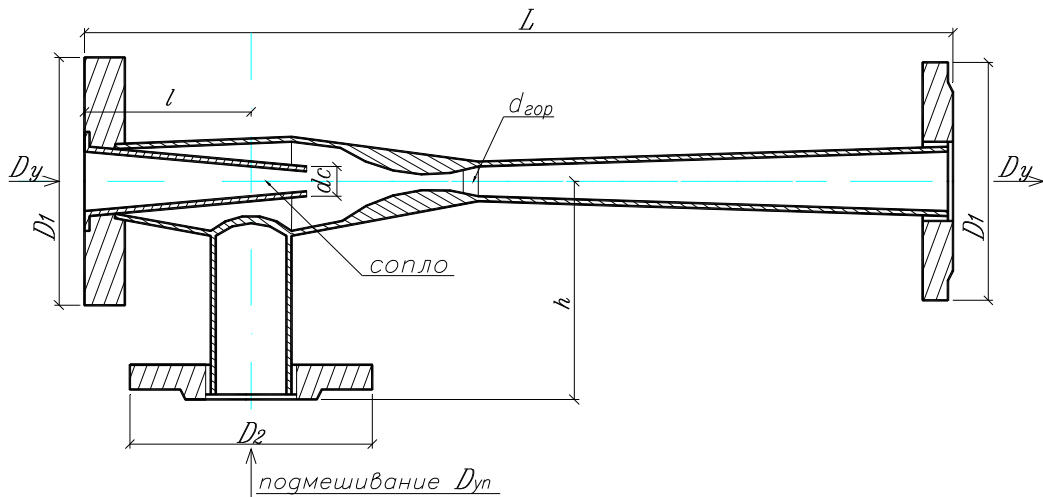


Рис. 10. Схема водоструйного элеватора

Таблица 28

Конструктивные характеристики элеватора

Номер элеватора	Диаметр горловины элеватора $d_{гор}$ , мм	Размеры, мм					Диаметр сопла $d_c$ , мм	Масса, кг
		$L$	$l$	$D_1$	$D_2$	$h$		
1	15	360	70	145	145	130	3-8	8,3
2	20	440	93	160	145	135	4-8	11,3
3	25	570	104	180	160	145	6-10	15,5
4	30	620	125	195	180	170	7-12	18,7



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены основные, наиболее важные сведения, необходимые для выполнения заданий по образовательной программе (переподготовки) “Инженерное обеспечение зданий и сооружений”. Подробная информация по всем затронутым вопросам изложена в специальной литературе, приведенной в библиографическом списке.

Умение быстро и эффективно найти полную информацию среди различных видов научно-технических изданий – это целое искусство. Как ни странно, но современные электронные средства информации, в том числе и Интернет, пока ещё, по мнению авторов, являются слабым помощником в этом деле. В методических указаниях предпринята попытка свести воедино справочные и нормативные материалы, необходимые для выполнения расчётов по отоплению жилого дома.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Отопление и вентиляция [Текст] / В.Н. Богословский [и др.]. – М.: Стройиздат, 1991.
2. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст] / К.В. Тихомиров, Е.С. Сергиенко. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009.
3. Справочник проектировщика [Текст] / под ред. И.Г. Старовойтова. – М.: Стройиздат, 1990. Ч.1.
4. Еремкин, А.И. Тепловой режим зданий [Текст]: учеб. пособие / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. – Ростов н/Д: Феникс, 2008.
5. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Текст]: СНиП 41-01–2003. – М.: Госстрой России, 2004.
6. Строительная климатология [Текст]: СНиП 23-01–99. – М.: Госстрой России, 2000.
7. Тепловая защита зданий [Текст]: СНиП 23-02–2003. – М.: Госстрой России, 2004.
8. Здания жилые многоквартирные [Текст]: СНиП 31-01-2003. – М.: Госстрой России, 2003.
9. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]: ГОСТ 30494-96. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
10. Внутренние санитарно-технические устройства [Текст]: в 3 ч. Ч. 1. Отопление / В.Н. Богословский [и др.]; под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990.
11. Баканова, С.В. Расчёт отопительных приборов однотрубных и двухтрубных систем водяного отопления на ПЭВМ [Текст]: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / С.В. Баканова. – Пенза: ПГУАС, 2007.
12. Правила оформления курсовых и дипломных проектов [Текст]: учеб. пособие / О.В. Карпова [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2005.
13. Сканава, А.Н. Отопление [Текст] / А.Н. Сканава, А.М. Махов. – М.: АСВ, 2002.
14. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст]: ГОСТ 21.602-2003. – М.: Госстрой России, 2003.
15. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Богословский. – СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2006.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ .....	4
2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ .....	6
2.1. Расчет толщины утепляющего слоя стены .....	6
2.2. Расчет толщины утепляющего слоя покрытия .....	12
2.3. Расчет толщины утепляющего слоя пола .....	13
2.4. Теплотехнический расчёт световых проемов .....	13
2.5. Теплотехнический расчёт наружных дверей .....	15
3. РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ НАРУЖНЫМИ ОГРАЖДЕНИЯМИ ПОМЕЩЕНИЙ .....	16
3.1. Расчет теплотерь .....	16
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ .....	21
5. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ .....	22
6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ....	23
6.1. Размещение отопительных приборов, стояков и магистралей	23
6.2. Составление схемы системы отопления .....	25
6.3. Гидравлический расчёт главного циркуляционного кольца	26
7. РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ .....	32
7.1. Единица измерения поверхности отопительного прибора ..	32
7.2. Расчет площади отопительных приборов в двухтрубных системах отопления .....	33
7.3. Расчет площади отопительных приборов в однетрубных системах отопления .....	40
7.4. Расчет размера и числа отопительных приборов в системах водяного отопления .....	45
8. РАСЧЕТ И ПОДБОР ЭЛЕВАТОРА .....	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	491
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	502

Учебное издание

Королёва Тамара Ивановна  
Кузьмишкин Алексей Александрович  
Кучеренко Евгений Николаевич

## ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Методические указания

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор            М.А. Сухова  
Верстка             Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 4.12.13. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 3,02. Уч.-изд.л. 3,25. Тираж 80 экз.  
Заказ №269

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.