

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

**В. Ф. ВАСИЛЬЕВ, И. И. СУХАНОВА, Ю. В. ИВАНОВА,  
В. М. УЛЯШЕВА, В. А. ПУХКАЛ**

**ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ  
ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург  
2017

УДК 697.5+697.92:728

*Рецензенты:* д-р техн. наук, профессор А. М. Гримитлин (АВОК «Северо-Запад»);  
канд. техн. наук, доцент А. Ф. Смирнов (СПбГАСУ).

**Васильев В. Ф.**

Отопление и вентиляция жилого здания: учеб. пособие / В. Ф. Васильев, И. И. Суханова, Ю. В. Иванова, В. М. Уляшева, В. А. Пухкал; СПбГАСУ. – 2-е изд., исправ. и доп. – СПб., 2017. – 95 с.

ISBN

Рассматривается состав, содержание и требования по оформлению курсового проекта. Приведены рекомендации по теплотехническому расчету наружных ограждений, по проектированию и конструированию систем отопления и вентиляции жилых зданий, а также методики по расчету и подбору основного оборудования этих систем.

Предназначено для студентов всех форм обучения. Рекомендуются к использованию специалистами, получающими второе высшее образование; для профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов, занимающихся проектированием, расчетом и эксплуатацией систем отопления и вентиляции жилых зданий.

Табл. 28. Ил. 43.

Рекомендовано Учебно-методическим советом СПбГАСУ в качестве учебного пособия.

© В. Ф. Васильев, И. И. Суханова, Ю. В. Иванова, В. М. Уляшева, В. А. Пухкал, 2018

© Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018

## **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы изменились санитарно-гигиенические подходы к проблемам строительства и эксплуатации жилых зданий, появились новые законодательные документы. Поэтому возникла необходимость в исправленном и дополненном издании учебного пособия по дисциплине «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов направлений: 08.03.01 – Строительство, 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, 20.03.01 – Техносферная безопасность, специальности: 08.05.01 – Строительство уникальных зданий и сооружений.

Системы отопления и вентиляции относятся к инженерным сетям зданий и служат для обеспечения благоприятного микроклимата в помещениях.

В учебном пособии приводятся методики теплотехнического расчета наружных ограждающих конструкций и расчета тепловых потерь помещениями зданий, представлены характеристики основных систем централизованного отопления и рекомендации по их конструированию и гидравлическому расчету трубопроводов систем водяного отопления. Даются характеристики современных отопительных приборов, методики их подбора и расчета площади поверхности, подбора оборудования индивидуального теплового пункта. В учебном пособии также даны характеристика и рекомендации по проектированию системы вытяжной естественной канальной вентиляции, а также методика ее расчета и подбора основного оборудования (вентиляционных решеток, воздуховодов и пр.).

Приведенные в учебном пособии примеры конструирования и расчетов, позволяют в конкретных ситуациях грамотно выполнить расчет и подбор оборудования для систем отопления и вентиляции жилого здания.

## **СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект предусматривает выполнение учебного проекта отопления и вентиляции жилого здания и состоит из расчетной и графической частей.

Расчетная часть оформляется в виде расчетно-пояснительной записки на листах формата А4 (297×210 мм) и должна содержать следующие разделы:

1. Исходные данные.
2. Теплотехнический расчет наружных ограждений.
3. Расчет тепловых потерь.
4. Характеристика и конструирование системы отопления.
5. Расчет отопительных приборов.
6. Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления.
7. Подбор оборудования индивидуального теплового пункта.
8. Характеристика и конструирование системы вентиляции.
9. Определение расчетного воздухообмена и аэродинамический расчет воздуховодов.

В соответствующих разделах расчетно-пояснительной записки приводятся эскизы расчетных наружных ограждений (наружной стены, чердачного перекрытия и перекрытия над неотапливаемым подвалом), принципиальные схемы: индивидуального теплового пункта, одного расчетного стояка системы отопления, расчетных вентиляционных каналов и вытяжной шахты с зонтом или дефлектором, а также, таблицы, приведенных в методических указаниях форм, с результатами расчетов.

Графическая часть проекта включает планы первого этажа, подвала и чердака здания, схемы систем отопления и вентиляции. Все чертежи выполняются в масштабе 1:100 на листе формата А1 (594×841 мм), который прилагается к расчетно-пояснительной записке.

## **1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

Исходные данные для выполнения курсовой работы определяются по шифру (номеру зачетной книжки студента).

По двум последним цифрам шифра принимаются: местонахождение здания, климатические характеристики местности и расчетные параметры наружного воздуха (табл. 1.1).

По последней цифре шифра принимаются: план первого этажа здания и его этажность, высота этажа и подвала (табл. 1.2); варианты конструкций наружных ограждений (табл. 1.3); характеристики строительных материалов наружных стен, перекрытий и теплоизо-

ляционных слоев наружных ограждений, а также остальных слоев ограждений (табл. 1.4).

По предпоследней цифре шифра принимаются: характеристика системы отопления и вариант разводки магистральных трубопроводов, ориентация главного фасада здания (табл. 1.2).

Таблица 1.1

**Климатические характеристики городов  
и расчетные параметры наружного воздуха**

Две последние цифры шифра		Город и влажностные условия эксплуатации ограждений зданий (А, Б) [3]		Расчетная температура наружного воздуха $t_{н}, ^\circ\text{C}$	Продолжительность и средняя температура воздуха отопительного периода	
					$z_{от}, \text{сут.}$	$t_{от}, ^\circ\text{C}$
1	2	3		4	5	6
01	51	Арзамас	Б	-32	216	-4,7
02	52	Архангельск	Б	-33	250	-4,5
03	53	Астрахань	А	-21	164	-0,8
04	54	Барнаул	А	-36	213	-7,5
05	55	Белгород	А	-23	191	-1,9
06	56	Белорецк	А	-34	231	-6,5
07	57	Благовещенск	Б	-33	210	-10,7
08	58	Братск	А	-43	249	-8,6
09	59	Брянск	А	-24	199	-2,0
10	60	Владивосток	Б	-23	198	-4,3
11	61	Владимир	Б	-28	213	-3,5
12	62	Вологда	А	-32	228	-4,0
13	63	Волгоград	А	-22	176	-2,3
14	64	Воронеж	А	-24	190	-2,5
15	65	Иркутск	А	-33	232	-7,7
16	66	Казань	Б	-31	208	-4,8
17	67	Калуга	А	-27	210	-2,9
18	68	Кисловодск	Б	-16	179	0,4
19	69	Корсаков	Б	-20	232	-2,7
20	70	Кострома	А	-31	222	-3,9
21	71	Котлас	Б	-31	237	-5,0
22	72	Краснодар	Б	-16	145	2,5
23	73	Курск	Б	-24	194	-2,3
24	74	Москва	Б	-25	205	-2,2
25	75	Мурманск	Б	-30	275	-3,4
26	76	Нальчик	А	-18	168	0,6
27	77	Великий Новгород	Б	-27	221	-2,3

28	78	Новосибирск	А	-37	221	-8,1
29	79	Омск	А	-37	216	-8,1
30	80	Оренбург	А	-32	195	-6,1
31	81	Пенза	А	-27	200	-4,1
32	82	Пермь	Б	-35	225	-5,5
33	83	Псков	Б	-26	208	-1,3
34	84	Рязань	Б	-27	208	-3,5
35	85	Салехард	Б	-43	285	-11,5
36	86	Санкт-Петербург	Б	-24	213	-1,3
37	87	Саранск	А	-30	209	-4,5
38	88	Саратов	А	-25	188	-3,5
39	89	Тайшет	А	-39	237	-8,1
40	90	Тамбов	А	-28	201	-3,7
41	91	Тихорецк	Б	-17	156	1,2
42	92	Томск	Б	-39	233	-7,9
43	93	Тюмень	А	-35	223	-6,9
44	94	Улан-Удэ	А	-35	230	-10,3
45	95	Уфа	А	-33	209	-6,0
46	96	Чебоксары	Б	-32	217	-4,9
47	97	Челябинск	А	-34	218	-6,5
48	98	Чита	А	-38	238	-11,3
49	99	Элиста	А	-23	169	-1,0
50	00	Ярославль	Б	-31	221	-4,0

Толщину внутренних ограждений следует принять для: капитальных кирпичных стен – 400 мм, для капитальных стен из бетона – 200 мм; перегородок – 100 мм; межэтажных перекрытий в здании с кирпичными стенами – 300 мм, с бетонными – 150 мм.

Таблица 1.2

**Варианты планировки здания, системы отопления и географической ориентации главного фасада здания**

Параметр	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант плана 1-го этажа (см. приложение 1)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Этажность здания	4	5	3	4	5	4	3	4	4	5
Высота этажа (от пола до пола следующего этажа), м	2,8	3,0	2,8	3,0	3,0	3,3	3,3	3,0	3,0	2,8

Высота подвала (от пола подвала до пола 1 этажа), м	2,8		2,6		2,5		2,2		2,4	
	Предпоследняя цифра шифра									
Характеристика системы отопления: 1 тр – однетрубная, 2 тр – двухтрубная; Л – лучевая; Т – тупиковая, ПД – с попутным движением теплоносителя	2 тр	2 тр	2 тр	1 тр	2 тр	1 тр	2 тр	2 тр	1 тр	2 тр
	Т	ПД	Л	Т	ПД	Т	ПД	Т	Т	Л
Ориентация главного фасада	С		Ю		З		В		СВ	

Таблица 1.3

### Варианты конструкций наружных ограждений

Вариант конструкции ограждения	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наружной стены (рис. 2.1–2.3)	1	2	1	2	1	3	2	2	3	1
Чердачного перекрытия (рис. 2.4, 2.5)	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1
Перекрытия над неотапливаемым подвалом (рис. 2.6, 2.7)	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1

Таблица 1.4

### Характеристики строительных материалов [7]

Номер задания	Наименование материала	Плотность в сухом состоянии $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации А или Б $\lambda$ , Вт/(м·°С)	
			А	Б
1	2	3	4	5
<b>Основной конструктивный слой наружной стены</b>				
1	Плотный силикатный бетон	1800	0,99	1,16
2	Кирпич керамический	1200	0,33	0,42

	пустотелый			
3	Пемзобетон	1600	0,62	0,68
4	Кирпич глиняный обыкновенный	1800	0,7	0,81
5	Кирпич керамический полнотелый	1800	0,57	0,69
6	Перлитобетон	1200	0,44	0,50
7	Ячеистые газо- и пенобетон (блоки)	1000	0,23	0,25
8	Кирпич керамический пустотелый на цементно-песчаном растворе	1400	0,64	0,76
9	Кирпич керамический пустотелый на цементно-перлитовом растворе	1300	0,4	0,47
0	Шлаковый кирпич и камень на цементно-песчаном растворе	1500	0,64	0,70
<b>Теплоизоляционный слой наружной стены</b>				
1, 3	Плиты из пенополистирола	30	0,038	0,044
2, 4	Плиты из пенополистирола	35	0,040	0,046
5, 8	Пенополиуретан	60	0,036	0,041
6, 7	Плиты минераловатные из каменного волокна	80	0,042	0,045
9, 0	Плиты минераловатные из каменного волокна	140	0,043	0,046
<b>Теплоизоляционный слой чердачного перекрытия</b>				
1, 2	ROCKWOOL (маты)	50	0,047	0,047
3, 4	Плиты минераловатные ЛАЙТ БАТТС	37	0,042	0,045
5, 6	Плиты минераловатные ФЛЕКСИ БАТТС	40	0,041	0,042
7, 8	Стеклянное штапельное волокно «Флайдер-Чудово» (плита П-45)	45	0,045	0,045
9, 0	Маты минераловатные прошивные	50	0,052	0,06
<b>Теплоизоляционный слой перекрытия над подвалом</b>				
1, 2	Пенополистирол	40	0,041	0,05
3, 4	Пенополистирол «Пеноплекс»	43	0,031	0,032
5, 6	Пенопласт (плиты,	40	0,041	0,06

	ГОСТ 20916)			
7, 8	Пенопласт (плиты, ГОСТ 20916)	50	0,05	0,064
9, 0	Пенополиуретан	45÷70	0,028	0,028
<b>Облицовочный слой наружной стены</b>				
0-9	Кирпич силикатный на цементно-песчаном растворе	1300	0,50	0,61
0-9	Кирпич керамический пустотелый одинарный	1200	0,33	0,42
0-9	Кирпич керамический полнотелый одинарный,	1650	0,64	0,73
0-9	Смальта	2500	0,76	0,76
<b>Пароизоляция</b>				
0-9	Рубероид (ГОСТ 10923), пергамин (ГОСТ 2697), толь (ГОСТ 10999)	600	0,17	0,17
0-9	Битум нефтяной кровельный (ГОСТ 6617)	1000	0,17	0,17
<b>Покрывтия для полов</b>				
0-9	Линолеум поливинилхлоридный многослойный (ГОСТ 14632)	1600	0,33	0,33
		1800	0,38	0,38
0-9	Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове (ГОСТ 7251)	1400	0,23	0,23
0-9	Сосна и ель поперек волокон (ГОСТ 8486, 9463)	500	0,14	0,18
0-9	Дуб поперек волокон (ГОСТ 9462, 2695)	700	0,18	0,23
0-9	Плиты древесно-волокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598, 10632)	1000	0,23	0,29
		800	0,19	0,23
		600	0,13	0,16
<b>Остальные слои наружных ограждений</b>				
0-9	Железобетон	2500	1,92	2,04
0-9	Цементно-песчаный раствор	1800	0,76	0,93
0-9	Сложный раствор (песок, известь, цемент)	1700	0,70	0,87
0-9	Известково-песчаный раствор	1600	0,70	0,81
0-9	Цементно-шлаковый	1400	0,52	0,62

	раствор	1200	0,47	0,58
0–9	Цементно-перлитовый раствор	1000	0,26	0,30
		800	0,21	0,26
0–9	Гипсоперлитовый раствор	600	0,19	0,23
0–9	Плиты из гипса (ГОСТ 6428)	1200	0,41	0,47
		1000	0,29	0,35
0–9	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) (ГОСТ 6266)	800	0,19	0,21

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

Теплотехнический расчет наружных ограждений производится в соответствии с положениями [1] и направлен на то, чтобы выполнить требования к тепловой защите проектируемого здания в целях экономии энергии при обеспечении оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности его ограждающих конструкций.

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в).

В курсовом проекте для упрощения расчета ограничиваются выполнением условия а).

Последовательность теплотехнического расчета ограждения:

1. По номеру задания (рис. 2.1–2.7, табл. 1.3 и 1.4) выбираются конструкции рассчитываемых ограждений. В расчетно-пояснительной записке приводятся эскизы конструкций наружной стены, чердачного перекрытия и перекрытия над неотапливаемым подвалом, указываются названия строительных материалов, из ко-

торых состоят ограждающие конструкции, толщины слоев  $\delta$ , м; плотность  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>; и коэффициент теплопроводности, в зависимости от условий эксплуатации А или Б,  $\lambda$ , Вт/(м·°С).

2. Определяется величина градусо-суток отопительного периода, ГСОП, °С·сут., по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) z_{\text{от}}, \quad (2.1)$$

где  $t_{\text{в}}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая для жилых зданий по минимальному значению оптимальной температуры (по [6] принять равной 20 °С при расчетной температуре наружного воздуха  $t_{\text{н}}$  выше –31 °С и 21 °С при  $t_{\text{н}} = -31$  °С и ниже);  $t_{\text{от}}$ ,  $z_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут., отопительного периода, принимаемые по табл. 1.1.

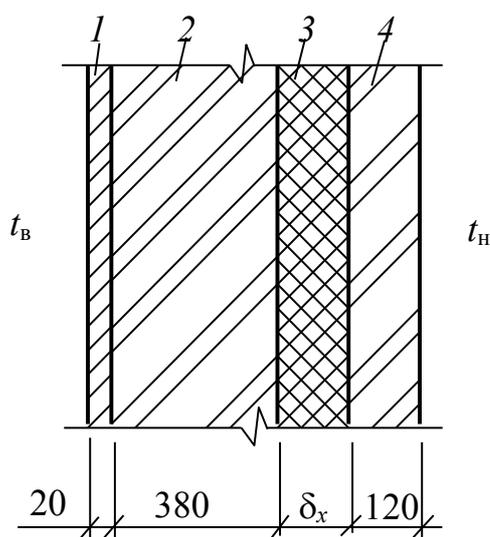


Рис. 2.1. Вариант 1 конструкции наружной стены:  
 1 – внутренняя штукатурка; 2 – основной конструктивный слой (кирпичная кладка); 3 – теплоизоляционный слой;  
 4 – облицовочный кирпич

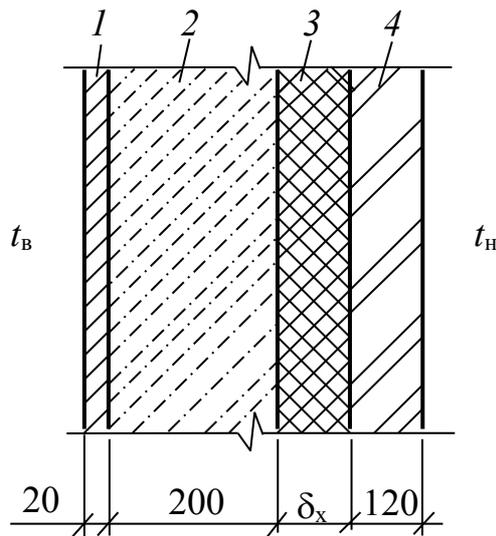


Рис. 2.2. Вариант 2 конструкции наружной стены:  
 1 – внутренняя штукатурка; 2 – основной конструктивный слой (бетон);  
 3 – теплоизоляционный слой; 4 – облицовочный кирпич

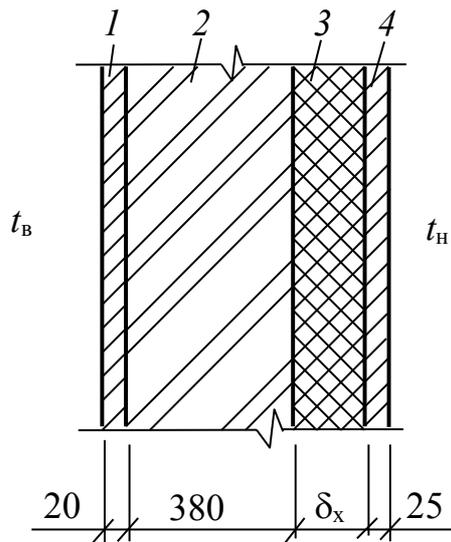


Рис. 2.3. Вариант 3 конструкции наружной стены:  
 1 – внутренняя штукатурка; 2 – основной конструктивный слой (кирпичная  
 кладка); 3 – теплоизоляционный слой; 4 – наружная штукатурка (известково-  
 цементный раствор), армированная стальной оцинкованной сеткой

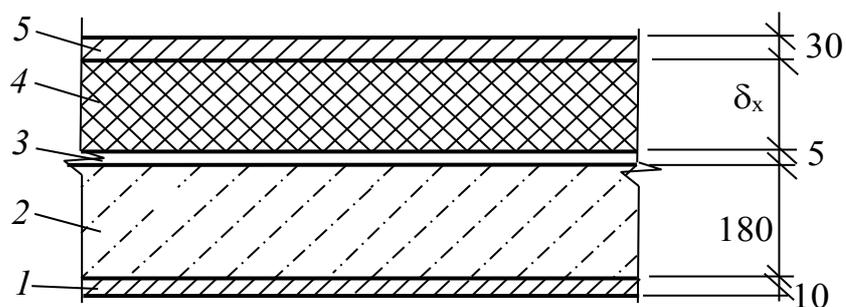


Рис. 2.4. Вариант 1 конструкции чердачного перекрытия:  
 1 – штукатурка (известково-песчаный раствор); 2 – железобетонная плита;  
 3 – пароизоляция; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – цементная стяжка

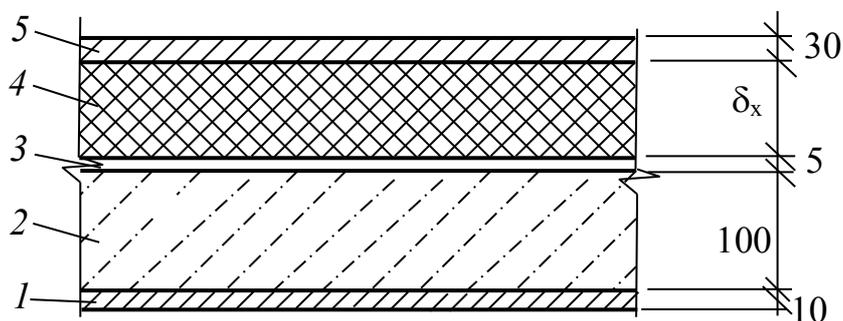


Рис. 2.5. Вариант 2 конструкции чердачного перекрытия:  
 1 – известково-песчаная штукатурка; 2 – железобетонная плита;  
 3 – пароизоляция; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – цементная стяжка

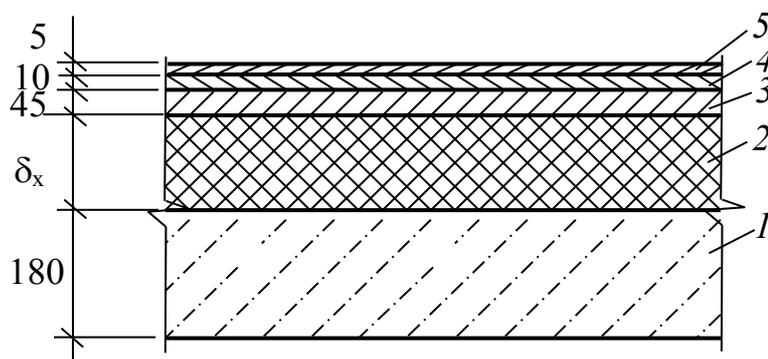


Рис. 2.6. Вариант 1 конструкции перекрытия над неотапливаемым подвалом:  
 1 – железобетонная плита; 2 – теплоизоляционный слой;  
 3 – цементная стяжка; 4 – древесно-стружечная плита;  
 5 – линолеум на теплоизоляционной основе

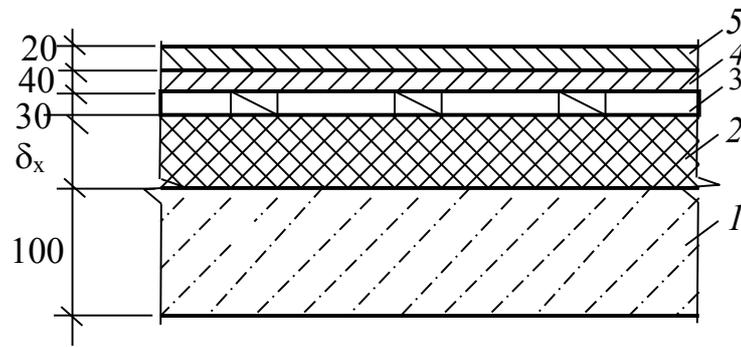


Рис. 2.7. Вариант 2 конструкции перекрытия над неотапливаемым подвалом: 1 – железобетонная плита; 2 – теплоизоляционный слой; 3 – воздушная прослойка; 4 – доски; 5 – паркет (дуб поперек волокон)

3. Определяются нормируемые (требуемые) значения приведенных сопротивлений теплопередаче  $R_0^{тр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , ограждающих конструкций в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода района местоположения здания по табл. 2.1.

Значения  $R_0^{тр}$  для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле:

$$R_0^{тр} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (2.2)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл. 2.1, за исключением графы 6, где для интервала до  $6000 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$ :  $a = 0,000075$ ,  $b = 0,15$ ; для интервала  $6000\text{--}8000 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$ :  $a = 0,00005$ ,  $b = 0,3$ ; для интервала  $8000 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$  и более:  $a = 0,000025$ ,  $b = 0,5$ .

Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

Таблица 2.1

**Нормативные значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [1]**

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и	Градусо-сутки отопи-	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{тр}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
--	----------------------	--

<i>b</i>	тельного периода ГСОП, °С·сут	Стен	Покровтий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей
1	2	3	4	5	6
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8
<i>a</i>	–	0,00035	0,0005	0,00045	*
<i>b</i>	–	1,4	2,2	1,9	*

\* Смотри пояснения к формуле 2.2.

4. Для наружных стен и перекрытий толщина теплоизоляционного слоя ограждения  $\delta_x$  рассчитывается из условия, что величина фактического приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции  $R_0^{пр}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , должна быть не менее нормируемого значения  $R_0^{тр}$ , вычисленного по формуле (2.2):

$$R_0^{пр} \geq R_0^{тр}. \quad (2.3)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0^{пр} = R_0 \cdot r, \quad (2.4)$$

где  $R_0$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции без учета теплопроводных включений,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;  $r$  – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние теплопроводных включений, принимаем для наружных стен с вариантами конструкций 1 и 3  $r = 0,65$ , для остальных вариантов наружных стен и перекрытий  $r = 0,9$ .

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции без учета теплопроводных включений вычисляется по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + \dots + R_x + \dots + R_n + R_{\text{в.п.}} + \frac{1}{\alpha_H} =$$

$$= \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_x}{\lambda_x} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R_{\text{в.п.}} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (2.5)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по [1] и равный для стен, полов, гладких потолков  $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ;  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – сопротивления теплопередаче отдельных слоев ограждения,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$ ;  $R_x$  – сопротивление теплопередаче теплоизоляционного слоя в ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ ;  $R_{\text{в.п.}}$  – сопротивление теплопередаче замкнутой воздушной прослойки,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$ , принимаемое по табл. 2.2;  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_x, \dots, \delta_n$  – толщины отдельных слоев конструкции ограждения, м;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_x, \dots, \lambda_n$  – коэффициенты теплопроводности материалов слоев,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ , принимаемые по табл. 1.4 в зависимости от влажностных условий эксплуатации ограждения А или Б;  $\alpha_H$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , принимаемый по табл. 2.3.

Таблица 2.2

**Сопротивление теплопередаче замкнутых воздушных прослоек [1]**

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $R_{\text{в.п.}}, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
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

Таблица 2.3

**Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий [1]**

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент $\alpha_n$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1	2
1. Наружные 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, расположенные выше уровня земли, и над не отапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Решая совместно уравнения (2.3), (2.4) и (2.5), определяем минимальное значение толщины теплоизоляционного слоя  $\delta_x$

$$\delta_x = \lambda_x \left( \frac{R_0^{пр}}{r} - \frac{1}{\alpha_v} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \dots - \frac{\delta_n}{\lambda_n} - R_{в.п} - \frac{1}{\alpha_n} \right). \quad (2.6)$$

Полученную минимально допустимую из условий тепловой защиты толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_x$  следует округлить в большую сторону до величины, кратной 10 мм,  $\delta_x^{факт}$ .

5. Определяется приведенное сопротивление теплопередаче рассчитываемых ограждающих конструкций  $R_0^{пр}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, с учетом принятой толщины теплоизоляционного слоя  $\delta_x^{факт}$ , м:

$$R_0^{\text{пр}} = r \left( \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + \dots + R_x + \dots + R_n + R_{\text{в.п.}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right), \quad (2.7)$$

где  $R_x = \frac{\delta_x^{\text{факт}}}{\lambda_x}$ .

6. Вычисляется коэффициент теплопередачи рассчитываемых ограждающих конструкций  $k_{\text{орг}}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), по формуле:

$$k_{\text{орг}} = \frac{1}{R_0^{\text{пр}}}. \quad (8)$$

7. Определяется общая толщина ограждающей конструкции как сумма толщин всех ее слоев  $\delta_{\text{орг}}$ , м, по формуле

$$\delta_{\text{орг}} = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n + \delta_{\text{в.п.}}. \quad (2.9)$$

8. Для наружных дверей вне зависимости от их конструкции приведенное сопротивление теплопередаче  $R_{\text{нд}}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, определяется из условия:

$$R_{\text{нд}} = \frac{0,6(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n_{\text{НС}}}{\Delta t_{\text{нНС}}\alpha_{\text{в}}}, \quad (2.10)$$

где  $t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, принимается по табл. 1;  $n_{\text{НС}}$  – коэффициент, учитывающий положение наружной стены по отношению к наружному воздуху,  $n_{\text{НС}} = 1$ ;  $\Delta t_{\text{нНС}}$  – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности наружной стены,  $\Delta t_{\text{нНС}} = 4^\circ\text{С}$ .

9. Для окон и светопрозрачной части балконных дверей приведенное сопротивление теплопередаче определяется по нормируемому значению из табл. 2.1, с учетом пояснений по численным величинам коэффициентов  $a$  и  $b$  к формуле (2.2). Затем по табл. 2.4

выбирается конструкция заполнения оконного проема и балконных дверей таким образом, чтобы сопротивление теплопередаче ее было больше полученного.

10. По результатам теплотехнического расчета и подбора ограждающих конструкций заполняется сводная таблица по прилагаемой форме – табл. 2.5.

Таблица 2.4

**Приведенное сопротивление теплопередаче рекомендуемых окон и балконных дверей [1]**

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_0, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$		
	из обычного стекла	с селективным покрытием	
		твердым	мягким
1	2	3	4
Двойное остекление в стальных отдельных переплетах	0,34	–	–
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,40	0,55	–
Двойное остекление в отдельных переплетах	0,44	0,57	–
Тройное остекление в отдельно-спаренных переплетах	0,55	0,60	–
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38	0,51	0,56
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием:	8 мм	0,51	–
	12 мм	0,54	0,68
Стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах	0,56	0,65	0,72
Стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах	0,68	0,74	0,81
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	–	–
Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,74	–	–
Четыре стекла в двух спаренных переплетах	0,80	–	–

Таблица 2.5

### Результаты теплотехнического расчета наружных ограждений здания

Наименование ограждения		Условное обозначение	Общая толщина ограждения $\delta_{огр}$ , М	$R_0^{пр}$ , $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$k_{огр}$ , $Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)$
Наружная стена		НС			
Чердачное перекрытие		Пт			
Перекрытие над подвалом		Пл			
Окно		ОК	–		
Балконная дверь	светопрозрачная часть	БД	–		
	глухая часть		–		
Наружная дверь		НД	–		

### 3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЗДАНИЯ

Определение потерь теплоты помещениями здания производится в соответствии с положениями [2].

В курсовом проекте с целью уменьшения объема расчетов вычисляются потери теплоты только для жилых комнат, кухонь и лестничных клеток.

Исходные и полученные в ходе расчета потерь теплоты данные заносятся в табл. 3.1, при заполнении которой следует руководствоваться следующими указаниями.

Графа 1 – «Номер помещения, его назначение». Все помещения здания, имеющие наружные стены, на планах следует пронумеровать трехзначными числами, начиная с 101 – на первом этаже, с 201 – на втором и т. д. Помещения нумеруются слева направо, лестничные клетки обозначают отдельно заглавными русскими буквами и независимо от этажности здания рассматриваются как одно помещение. Номера проставляют на чертежах в центре помещения в одинарном кружке.

Графа 2 – «Температура внутреннего воздуха  $t_{в}, ^\circ C$ ». Принимается по табл. 3.2.

Графа 3 – «Наружная ограждающая конструкция. Обозначение». Приняты следующие обозначения наружных ограждающих конструкций: НС – наружная стена; Пл – перекрытие над неотапливаемым подвалом; Пт – чердачное перекрытие; ОК – окно; БД, НД – балконные и наружные входные двери.

Графа 4 – «Наружная ограждающая конструкция. Ориентация по сторонам света». Заполняется для вертикальных конструкций в соответствии с заданием (см. табл. 1.2).

Графа 5 – «Наружная ограждающая конструкция. Размеры  $a \times b$ , м». Принимаются по заданию и планам здания с учетом следующих требований:

- высота наружных стен первого этажа при неотапливаемом подвале – от уровня нижней поверхности перекрытия над подвалом до уровня чистого пола второго этажа;
- высота наружных стен промежуточного этажа – между уровнями чистых полов данного и вышерасположенного этажей, а верхнего этажа – от уровня чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия;

Таблица 3.1

## Результаты расчета тепловых потерь

Номер помещения и его назначение	Температура внутреннего воздуха $t_{в}$ , °С	Наружная ограждающая конструкция				Разность температур $t_{в} - t_{нв}$ , °С	Поправочный коэффициент $n$	Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	Добавочные потери теплоты $\beta$			Множитель для учета добавочных потерь теплоты $(1 + \sum\beta)$	Потери теплоты через ограждающие конструкции $Q_{огр}$ , Вт	Потери теплоты помещением через ограждающие конструкции $\sum Q_{огр}$ , Вт	Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося через ограждающие конструкции наружного воздуха $Q_{инф}$ , Вт	Бытовые теплопоступления $Q_{быт}$ , Вт,	Полные потери теплоты помещения $Q_{пом}$ , Вт
		условное обозначение	ориентация по сторонам света	размеры $a \times b$ , м	площадь $A$ , м <sup>2</sup>				на ориентацию ограждения по сторонам света $\beta_{ор}$	в угловых помещениях $\beta_{угл}$	на поступление холодного воздуха при открывании наружных дверей $\beta_{нд}$						
101 Жилая комната	2	НС															
		НС															
		ОК															
		ОК															
		Пл															

- длина наружных стен в угловых помещениях – от кромки наружного угла до геометрических осей внутренних стен, а в неугловых – между осями внутренних стен;

- габаритные размеры окон и дверей – по наименьшим размерам строительных проемов в свету;

- габаритные размеры полов над подвалами и потолков (чердачное перекрытие) в угловых помещениях – по размерам от внутренней поверхности наружных стен до осей противоположных стен, а в неугловых – между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружной стены до оси противоположной стены.

Линейные размеры ограждающих конструкций принимаются с точностью до 0,1 м.

Графа 6 – «Наружная ограждающая конструкция. Площадь  $A$ ,  $\text{м}^2$ ». Подсчитывается с точностью до 0,1  $\text{м}^2$ .

Графа 7 – «Разность температур  $(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ». Разность температур  $(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$ , где  $t_{\text{в}}$  – тоже, что и в графе 2,  $t_{\text{н}}$  – тоже, что и в формуле 2.10.

Графа 8 – «Поправочный коэффициент  $n$ ». Коэффициент  $n$ , учитывающий положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, приведенный в табл. 3.3.

Графа 9 – «Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ». Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$  принимается по результатам теплотехнического расчета (см. табл. 2.5). Определение площади наружной стены с окном (балконной дверью) может быть произведено по габаритным размерам стены без вычета площади окон (балконных дверей). Тогда, в качестве расчетного коэффициента теплопередачи окна (балконной двери) следует принимать разность:  $(k_{\text{ок(бд)}} - k_{\text{нс}})$ .

Графа 10 – «Добавочные потери теплоты на ориентацию ограждения по сторонам света  $\beta_{\text{ор}}$ ». Следует принимать в долях от основных потерь теплоты в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна. Для ограждений, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1; на юго-восток и запад – в размере 0,05.

Графа 11 – «Добавочные потери теплоты в угловых помещениях  $\beta_{\text{угл}}$ ». Следует принимать в долях от основных потерь теплоты

в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна:

- если одно из ограждений помещения обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,05 на каждую стену, дверь и окно;

- если ограждения ориентированы на юго-восток и запад – в размере 0,05.

Графа 12 – «Добавочные потери теплоты на поступление холодного воздуха при открывании наружных дверей  $\beta_{нд}$ ». Добавка к потерям теплоты в лестничной клетке на поступление холодного воздуха при открывании наружных дверей, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий  $H$ , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, в размере:

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

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

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

0,22  $H$  – для одинарных дверей.

Графа 13 – «Множитель для учета добавочных потерь теплоты  $(1 + \Sigma\beta)$ ».

Графа 14 – «Потери теплоты через ограждающие конструкции  $Q_{огр}$ , Вт». Определяются по формуле

$$Q_{огр} = A (t_v - t_n)(1 + \Sigma\beta) nk. \quad (3.1)$$

Графа 15 – «Потери теплоты помещением через ограждающие конструкции  $\Sigma Q_{огр}$ , Вт». Определяются как сумма потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции данного помещения.

Графа 16 – «Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося через ограждающие конструкции наружного воздуха  $Q_{инф}$ , Вт». Для жилых комнат и кухонь с площадью пола  $A_{п}$ , м<sup>2</sup>, в жилых зданиях потери теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, поступающего вследствие естественной вытяжки, не компенсируемой подогретым приточным воздухом, дополнительно определяют по формуле

$$Q_{инф} = L\rho_v c_v(t_v - t_n) A_{п}/3,6, \quad (3.2)$$

где  $L = 3 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$  – нормативный воздухообмен, отнесенный к  $1 \text{ м}^2$  пола комнат, который должен быть обеспечен при расчетной температуре наружного воздуха  $t_n$ ;  $\rho_v$  – плотность воздуха, при температуре  $t_v = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  равна  $1,2 \text{ кг/м}^3$ ;  $c_v$  – удельная массовая теплоемкость воздуха, равная  $1,005 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ .

Графа 17 – «Бытовые теплопоступления  $Q_{\text{быт}}$ , Вт». Количество теплоты, которое выделяется в процессе жизнедеятельности в комнатах и кухнях жилых домов, следует принимать не менее чем  $10 \text{ Вт}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади пола помещения.

Графа 18 – «Полные потери теплоты помещения  $Q_{\text{пом}}$ , Вт». Определяются по формуле

$$Q_{\text{пом}} = \sum Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}}. \quad (3.3)$$

Результат должен быть округлен до  $10 \text{ Вт}$ .

Потери теплоты помещениями всего здания  $Q_{\text{зд}}$ , Вт, равны

$$Q_{\text{зд}} = \sum Q_{\text{пом}}. \quad (3.4)$$

Таблица 3.2

### Расчетная температура внутреннего воздуха $t_v$ , $^\circ\text{C}$ [5]

Наименование помещения		Температура воздуха, $t_v$ , $^\circ\text{C}$
Жилая комната с $t_n$	выше $-31^\circ\text{C}$	20
	$-31^\circ\text{C}$ и ниже	21
Кухня		19
Туалет		19
Ванная, совмещенный санузел		24
Лестничная клетка		16

Таблица 3.3

### Коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху [1]

Ограждающие конструкции	Коэффициент $n$
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с	1

кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	
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

#### **4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОКВАРТИРНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ**

В современных многоквартирных жилых домах широко применяют поквартирные системы водяного отопления.

Такие системы позволяют:

- повысить уровень комфорта за счет обеспечения температур воздуха в каждом помещении квартиры по желанию ее владельца;
- организовать поквартирный учет расхода теплоты и стимулировать пользователей к ее экономии;
- управлять режимами работы системы в соответствии с индивидуальными требованиями.

Поквартирные (горизонтальные) системы водяного отопления здания (рис. 4.1) включают в себя: тепловой ввод в здание, индивидуальный тепловой пункт (ИТП), магистральные трубопроводы (подающий Т1 и обратный Т2), стояки, поэтажные коллекторные модули (ПКМ), квартирную разводку трубопроводов и отопительные приборы.

В курсовом проекте требуется запроектировать централизованную поквартирную (горизонтальную) систему водяного отопления с нижней разводкой по заданному варианту (см. табл. 1.2) с расчетными температурами теплоносителя  $t_T = 90 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $t_0 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Конструирование системы отопления должно производиться в соответствии с требованиями [2] и начинается с расстановки на поэтажных планах отопительных приборов, стояков и ПКМ.

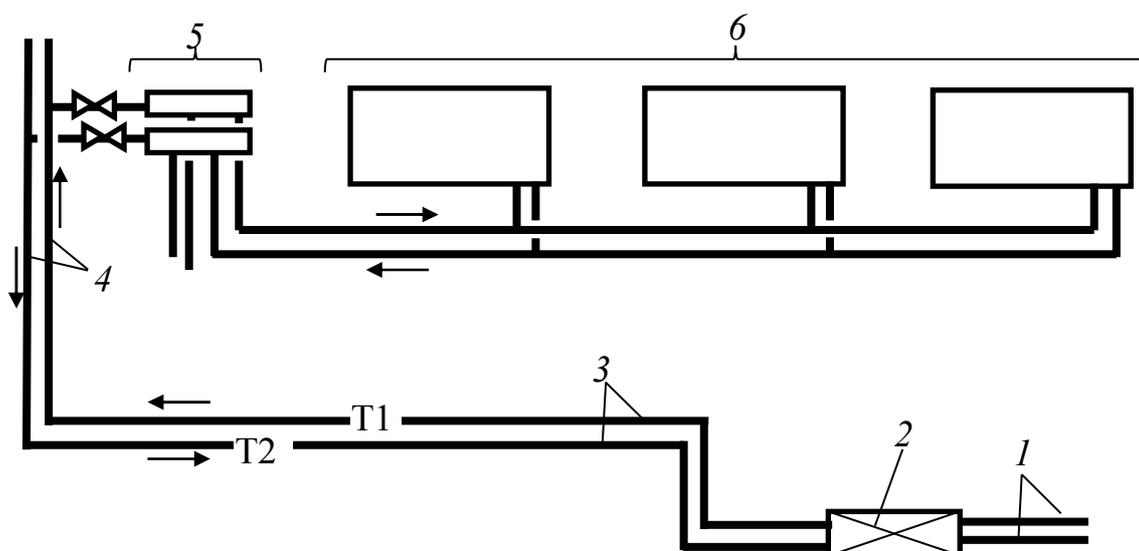


Рис. 4.1. Принципиальная схема поквартирной системы водяного отопления:  
 1 – тепловой ввод в здание; 2 – ИТП; 3 – магистрали; 4 – стояки; 5 – ПКМ;  
 6 – квартирная разводка и отопительные приборы

Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длина прибора должна составлять не менее половины длины оконного проема.

В лестничных клетках отопительные приборы располагают внизу за пределами входного тамбура. Располагают их так, чтобы не сокращать проход на лестничный марш. В малоэтажных зданиях (до трех этажей) в лестничных клетках используют отопительные приборы того же типа, который принят для основных помещений, в многоэтажных зданиях – высокие конвекторы.

В жилых и гражданских зданиях отопительные приборы оборудуются запорно-регулирующей арматурой, позволяющей осуществлять монтажную и эксплуатационную регулировку. У приборов лестничных клеток запорно-регулирующая арматура не ставится.

Присоединение отопительных приборов к трубопроводам может осуществляться по трем схемам (рис. 4.2).

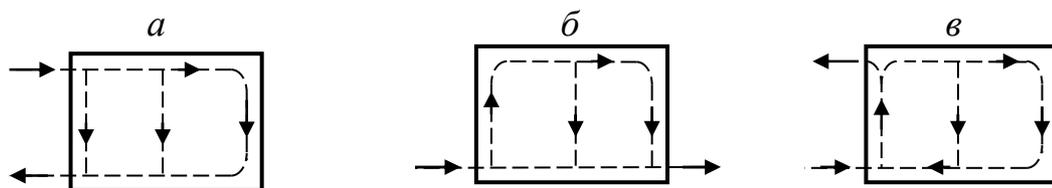


Рис. 4.2. Схемы подачи и отвода воды из отопительных приборов:  
*а* – сверху–вниз; *б* – снизу–вниз; *в* – снизу–вверх

Наиболее эффективна схема сверху–вниз, при которой плотность теплового потока отопительного прибора всегда выше за счет более равномерной и высокой температуры поверхности прибора, чем при схеме снизу–вниз и особенно снизу–вверх.

Учитывая способ прокладки трубопроводов в квартире (в конструкции пола), удобнее использовать отопительные приборы с нижним подключением и со встроенными термостатическими клапанами (рис. 4.3), в которых движение теплоносителя осуществляется по схеме сверху–вниз.

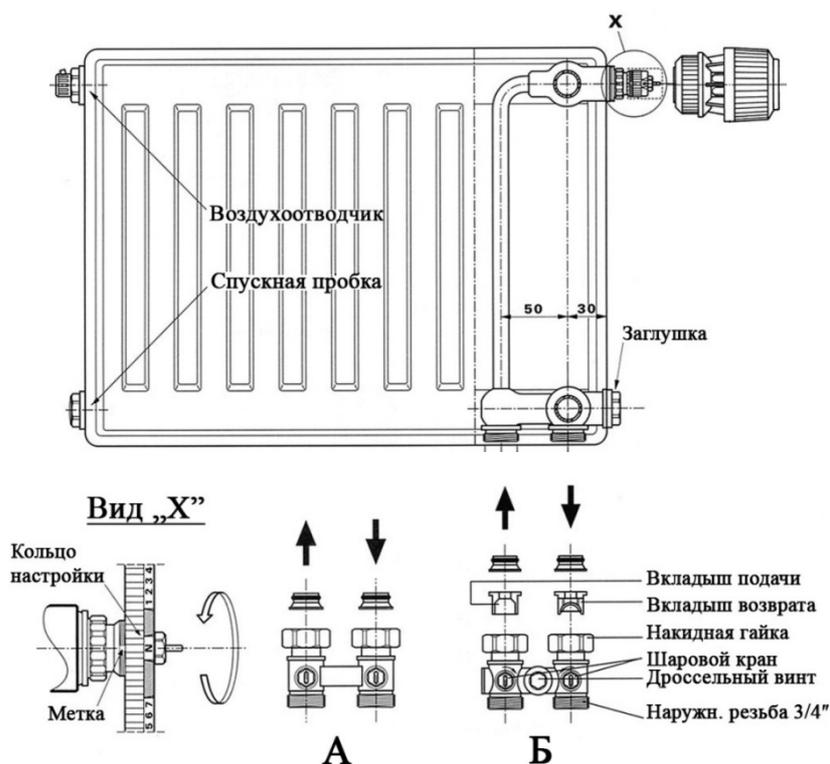


Рис. 4.3. Отопительный прибор с нижним подключением и со встроенным термостатическим клапаном: *А* – узел подсоединения для двухтрубных систем отопления; *Б* – узел подсоединения для однотрубных систем отопления с регулируемым замыкающим участком

Отопительные приборы, имеющие боковое подключение, присоединяются к трубопроводам с помощью специальной гарнитуры с термостатическими клапанами и термоголовками (рис. 4.4 и 4.5).

Для удаления воздушных скоплений из горизонтальной системы водяного на отопительных приборах (рис. 4.3–4.5) и в ПКМ устанавливаются автоматические воздухоотводчики.

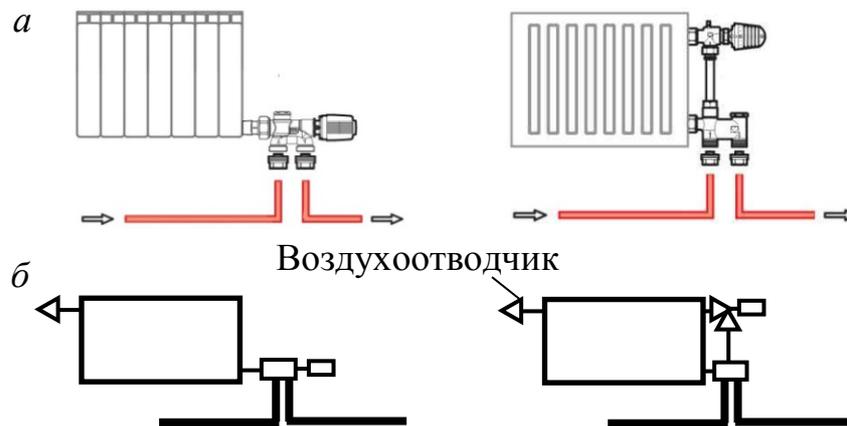


Рис. 4.4. Узлы подключения отопительных приборов однотрубной горизонтальной системы отопления:  
*а* – отопительный прибор с узлом подключения;  
*б* – условное обозначение на схеме

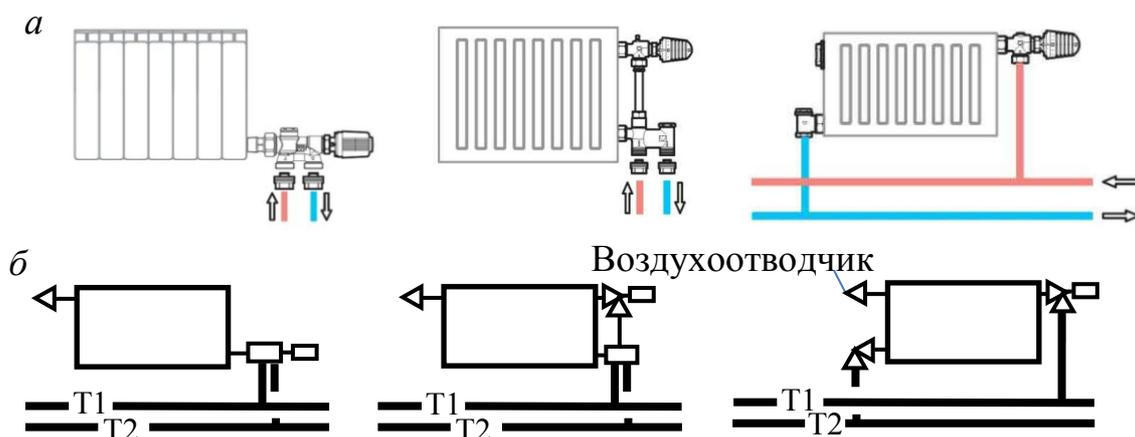


Рис. 4.5. Узлы подключения отопительных приборов двухтрубной горизонтальной системы отопления: *а* – отопительный прибор с узлом подключения, *б* – условное обозначение на схеме

Подсоединение трубопроводов к приборам следует выполнять с помощью Г или Т-образных присоединительных трубок из нержавеющей стали или из меди (рис. 4.6).

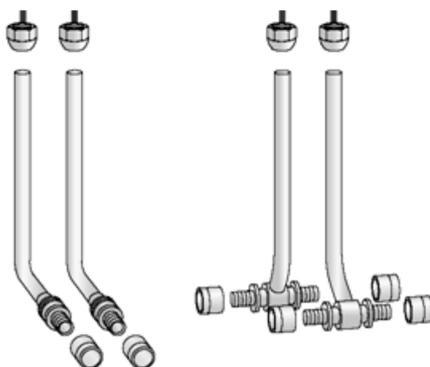


Рис. 4.6. Г и Т-образные присоединительные трубки

Трубопроводы квартирной системы отопления (от отопительных приборов до ПКМ) прокладываются в цементной стяжке при подготовке пола. В курсовом проекте горизонтальная разводка выполняется трубопроводами из сшитого полиэтилена РЕ-Х (РЕ-Ха или РЕ-Хс).

Основные преимущества применения труб из сшитого полиэтилена РЕ-Х:

- однородность стенки и прочностные характеристики материала позволяют проектировать и монтировать поквартирные (горизонтальные) системы отопления в домах повышенной этажности с расчетным сроком службы не менее 50 лет (при соответствующем температурном графике в зависимости от расчетного давления), что допускает применение скрытой разводки, соответствующей современным эстетическим требованиям;
- способность к восстановлению формы («молекулярная память»), позволяющая восстановить трубопровод после «надлома» (чрезмерного изгиба), а также эксплуатировать систему после замораживания – размораживания;
- надежность соединения трубы и фитинга;
- разнообразие типов и большая номенклатура фитингов в сочетании с гибкостью и большой длиной намотки бухт, позволяют минимизировать количество соединений труб;

- гладкая внутренняя поверхность не позволяет твердым частицам «налипать» на стенки, трубы «не зарастают», сохраняя внутреннее сечение;

- эквивалентная шероховатость внутренней поверхности на порядок меньше по сравнению со стальными трубами.

К трубопроводам квартирных систем отопления предъявляются следующие требования:

- в комплекте с полимерными трубами следует применять соединительные детали и изделия, соответствующие применяемому типу труб;

- параметры теплоносителя (температура, давление) в поквартирных (горизонтальных) системах отопления с трубами из полимерных материалов не должны превышать предельно допустимые значения, указанные в нормативной документации на их изготовление (обычно, не более 90 °С и 1,0 МПа).

Трубопроводы горизонтальной разводки, прокладываемые в стяжке пола, помещаются в теплоизоляцию или в гофру. Скорость движения воды в них должна быть не менее 0,25 м/с для уноса пузырьков воздуха.

Квартирные системы отопления бывают:

- однотрубные, в которых горячая вода подводится к приборам, и охлажденная вода отводится от них по одному трубопроводу (рис. 4.7);

- двухтрубные, в которых горячая вода поступает в отопительный прибор по одному трубопроводу, а охлажденная отводится по-другому (рис. 4.8–4.11);

- с тупиковым (в противоположных направлениях) движением теплоносителя в трубопроводах горизонтальной ветви (рис. 4.8);

- с попутным (в одном направлении) движением теплоносителя (рис. 4.9) в трубопроводах горизонтальной ветви;

- двухтрубные лучевые с индивидуальным подсоединением каждого отопительного прибора к квартирному коллекторному модулю (ККМ) (рис. 4.10 и 4.11).

Горизонтальные трубопроводы в квартире могут прокладываться по кратчайшему расстоянию (произвольная трассировка (рис. 4.10)). В этом случае есть опасность их повреждения при отделочных и ремонтных работах. Чтобы избежать этого, целесообразно трубы прокладывать вдоль стен (периметральная разводка (рис. 4.11)).

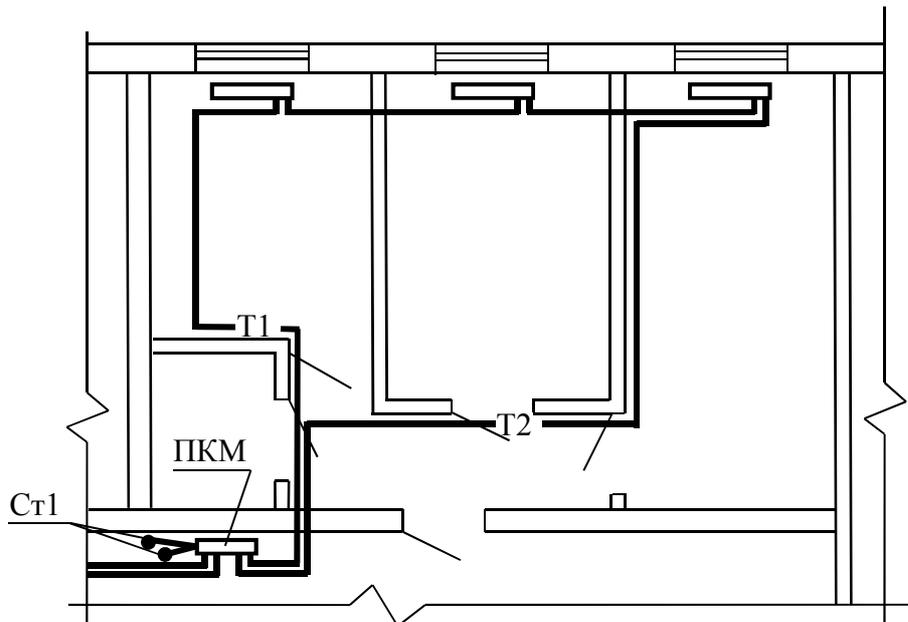


Рис. 4.7. Однотрубная квартирная разводка

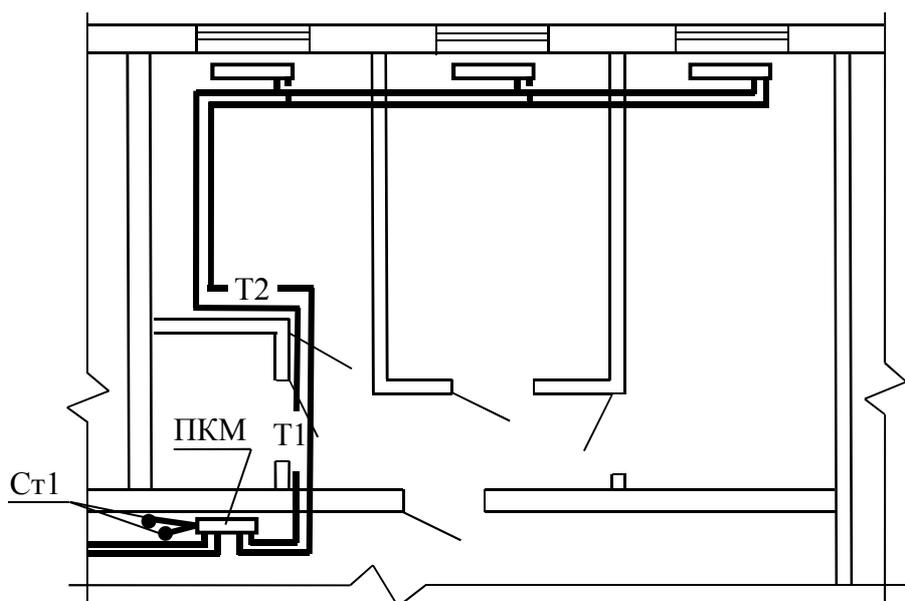


Рис. 4.8. Двухтрубная квартирная разводка с тупиковым движением теплоносителя

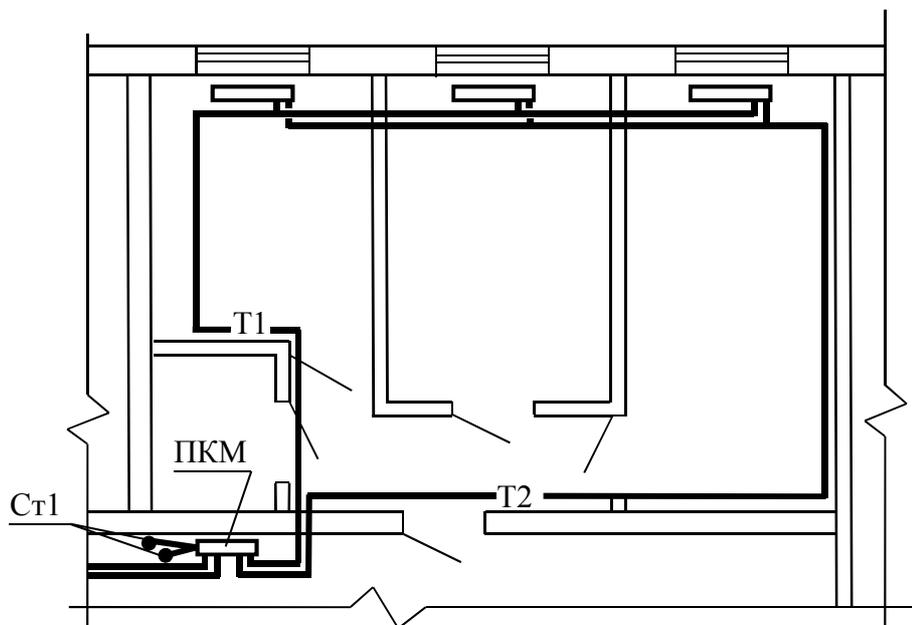


Рис. 4.9. Двухтрубная квартирная разводка с попутным движением теплоносителя

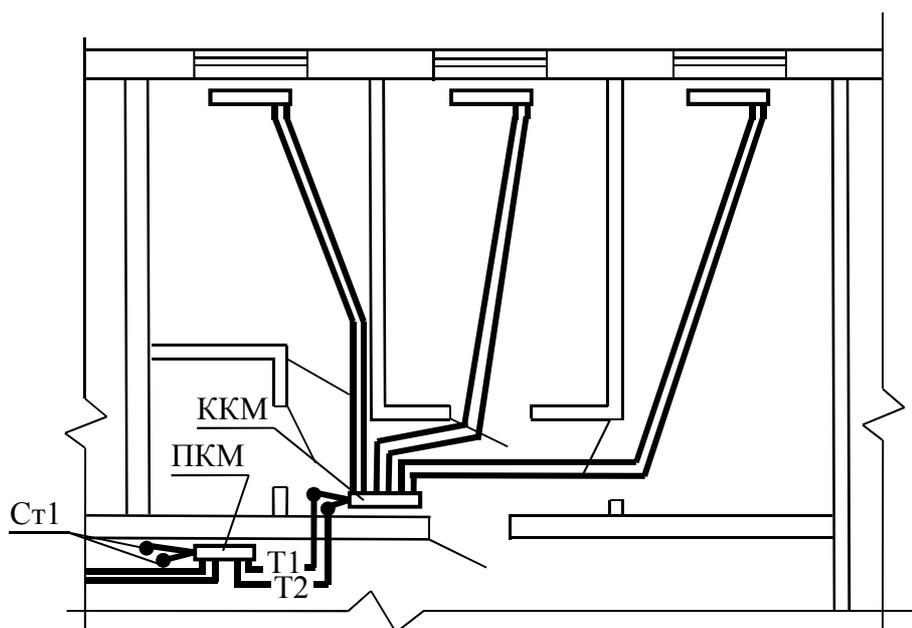


Рис. 4.10. Двухтрубная лучевая квартирная разводка с произвольной трассировкой трубопроводов

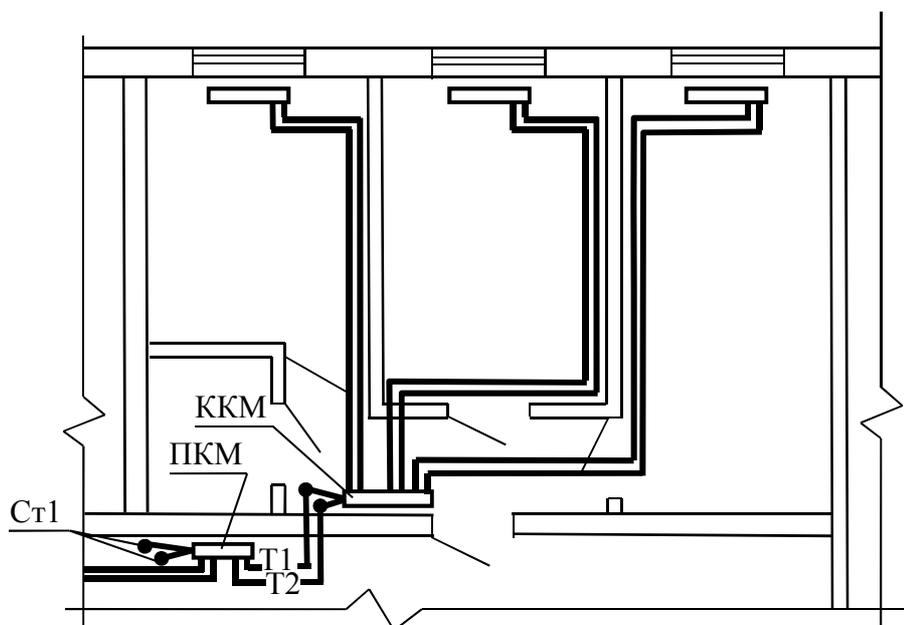


Рис. 4.11. Двухтрубная лучевая квартирная разводка с периметральной трассировкой трубопроводов

Позтажные коллекторные модули (рис. 4.12) размещаются в межквартирных коридорах или на территории встроенных помещений и выполняют следующие функции:

- соединение квартирной системы со стояком, отключение ее от системы отопления здания, очистку теплоносителя, дренаж. Для этого узел оснащается входными и выходными шаровыми кранами 20 (рис. 4.12, 4.13). На подающем трубопроводе после входного крана устанавливается сетчатый фильтр 23. Для выпуска воздуха из ПКМ на его подающем и обратном трубопроводах в самых верхних точках предусматриваются воздуховыпускные устройства 4;
- измерение количества тепловой энергии, расходуемой на отопление конкретной квартиры, производится с помощью теплового счетчика 11, в состав которого входят: расходомер, устанавливаемый на подающем трубопроводе, два термопреобразователя (один встроен в расходомер) и тепловычислитель;
- ограничение расхода теплоносителя (в пределах расчетной величины) через квартирную систему в случаях изменения ее гидравлических характеристик, для чего установлен вентиль ручной 8;
- распределение теплоносителя по отопительным приборам квартиры через квартирные коллекторные модули при лучевой разводке.

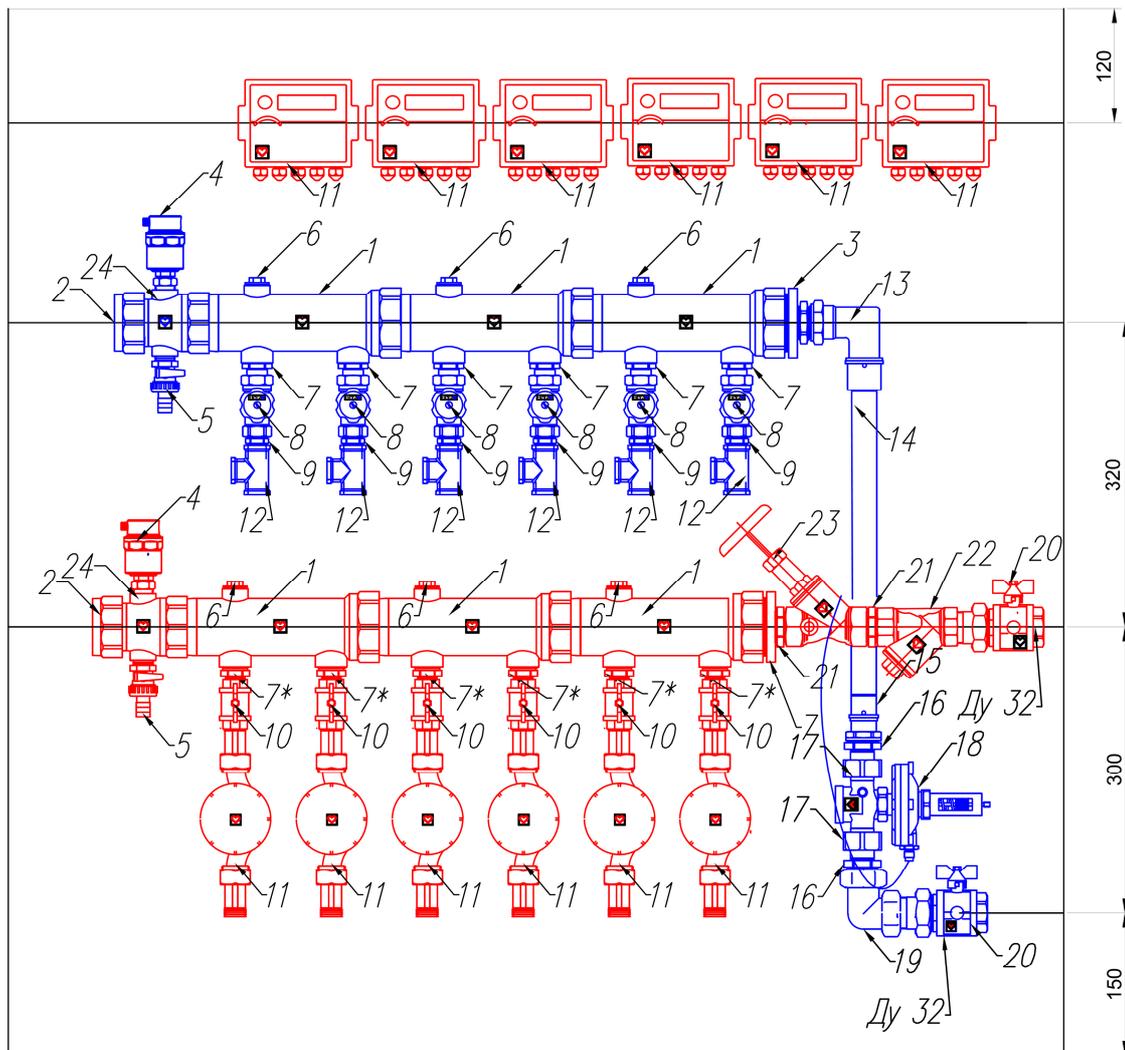


Рис. 4.12. Поэтажный коллекторный модуль HERZ на 6 квартир

№ пп	Наименование	Код	Ед. изм.	Кол-во
1	Распределитель DN 2", отводы G 3/4"-1/2"	1 8543 02	шт	6
2	Заглушка Rp 2"	1 8525 21	шт	2
3	Фитинг переходной G 2" x Rp 1 1/4"	1 6265 22	шт	2
4	Воздухоотводчик автоматический 1/2" FWW, обратный клапан, горизонт.	1 2630 11	шт	2
5	Кран шаровой со штуцером для шланга 1/2" бабочка	1 2512 01	шт	2
6	Заглушка 1/2"	1 8445 31	шт	6
7	Футорка HP 3/4"-BP 1/2"	б/к	шт	6
7*	Ниппель переходной HP 3/4"-HP 1/2"	б/к	шт	6
8	Вентиль ручной GP 1/2" проходной	1 5523 21	шт	6
9	Ниппель латунный 1/2"	б/к	шт	6
10	Кран шаровой MODUL BP-BP 1/2" ручка бабочка сталь амер PN25 ник	1 2201 31	шт	6
11	Теплосчетчик КСТ-22 «Комбик-В» без РМД, выносной, Ду 15, 95°C	HS780 42	комп.	6
12	Тройник латунный BP 1/2"-M10-1/2"	1010081	шт	6
13	Уголок перех HP 40x3,5-R1"	P 7140 14	шт	1
14	Труба PE-RT 40x3,5 в бухте, толщина алюм.слоя 0,5 мм	3 C400 30	м.п	0.6
15	Переходник BP 40x3,5-Rp 1 1/4"	P 7040 24	шт	1
16	Футорка HP 1 1/4"-BP 3/4"	б/к	шт	2
17	Соединитель для резьбовых труб 3/4" с гайкой 1/2"	1 6210 02	шт	2
18	Регул.перепада дав. 4002-30k D-20	1 4002 42	шт	1
19	Отвод BP 1 1/4"	1500067	шт	1
20	Кран шаровой MODUL BP-HP 1 1/4" ручка бабочка сталь амер PN25 ник	1 2211 34	шт	2
21	Ниппель НН 1 1/4"	б/к	шт	2
22	Вентиль запорный Штремакс-А 1 1/4" слив	1 4115 14	шт	1
23	Фильтр сетчатый 1 1/4" PN16	1 4111 14	шт	1
24	Распределитель DN 2", 2 соосных отвода G 1/2"	1 8543 01	шт	2
25	Монтажная рама 1100x1200x250 с дин-рейкой для крепления тепловычислителя и дверцей	б/к	шт	1

Рис. 4.13. Спецификация поэтажного коллекторного модуля HERZ на 6 квартир

Поэтажные коллекторные модули размещают во встроенных или приставных шкафах (рис. 4.14).

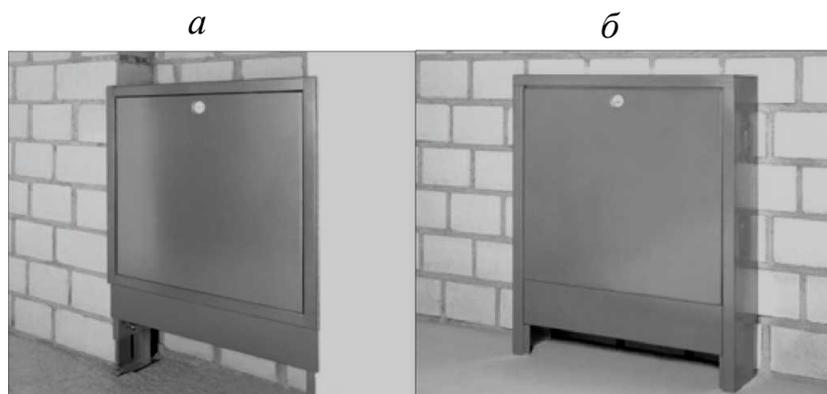


Рис. 4.14. Варианты установки распределительных шкафов:  
*а* – встроенный; *б* – приставной

Магистраль и стояки выполняются, как правило, из стальных труб.

Количество стояков (пар стояков – подающих и обратных) следует выбирать в зависимости от объемно-планировочного решения здания, но не менее одного на каждую блок-секцию.

К стоякам, питающим приборы лестничных клеток, нельзя присоединять приборы других помещений.

На каждом разводящем стояке вне зависимости от количества этажей следует устанавливать запорную и спускную арматуру (рис. 4.15).

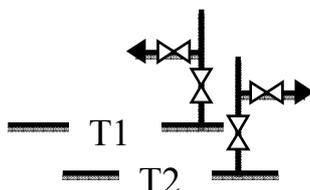


Рис. 4.15. Схема присоединения  
 стояков к магистралям  
 систем отопления

Размещение магистральных трубопроводов зависит от назначения и ширины здания, вида системы отопления.

Магистральи систем отопления гражданских зданий размещают, как правило, в чердачных и технических помещениях. В подвальных помещениях магистрали для экономии места укрепляют на стенах на высоте 0,5...0,7 м ниже потолка, предусматривают уклон не менее 0,002 в сторону теплового пункта. Магистральные трубопроводы теплоизолируются.

Арматуру на магистралях необходимо устанавливать для отключения отдельных частей системы отопления. В качестве такой арматуры используют муфтовые проходные краны и вентили, а также фланцевые задвижки на трубах крупного калибра ( $d_y \geq 42$  мм). В пониженных местах на магистралях устанавливают спускные краны, в повышенных местах водяных магистралей – воздушные краны или воздухоотборники.

## 5. РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Расчет отопительных приборов производится с целью определения площади их поверхности, обеспечивающей передачу в помещение необходимого для компенсации тепловых потерь количества теплоты.

В курсовом проекте применяются два типа отопительных приборов:

- стальные панельные радиаторы «*Vogel & Noot Ventil*» 21 (22, 33) *KV-500*, они оснащены встроенным клапаном (термостатом) и нижними присоединительными патрубками (рис. 5.1, *а*), расположенными с правой или левой (по заказу) стороны прибора для донной подводки теплоносителя (для вариантов с последней цифрой номера зачетной книжки от 0 до 4);

- секционные биметаллические радиаторы «*RiFar*» *Base-500* (рис. 5.1, *б*) с боковым подключением (для вариантов с последней цифрой номера зачетной книжки от 5 до 9).



Рис. 5.1. Отопительные приборы: *а* – стальной панельный радиаторы

«Vogel & Noot Ventil»; б – биметаллический радиатор «RiFar» Base-500

Стальные панельные радиаторы «Vogel & Noot Ventil» предлагается использовать высотой 500 мм трех типов (рис. 5.2):

- тип 21 – двухрядный по глубине с одним рядом оребрения, расположенного между панелями и приваренного к тыльной панели (2 – две панели, 1 – один ряд оребрения между ними) глубиной 80 мм;

- тип 22 – двухрядный по глубине с двумя рядами оребрения, расположенного между панелями и приваренного к каждой панели (2 – две панели, 2 – два ряда оребрения между ними) глубиной 105 мм;

- тип 33 – трехрядный по глубине с тремя рядами конвективного оребрения между панелями (3 – три панели, 3 – три ряда оребрения) глубиной 166 мм.

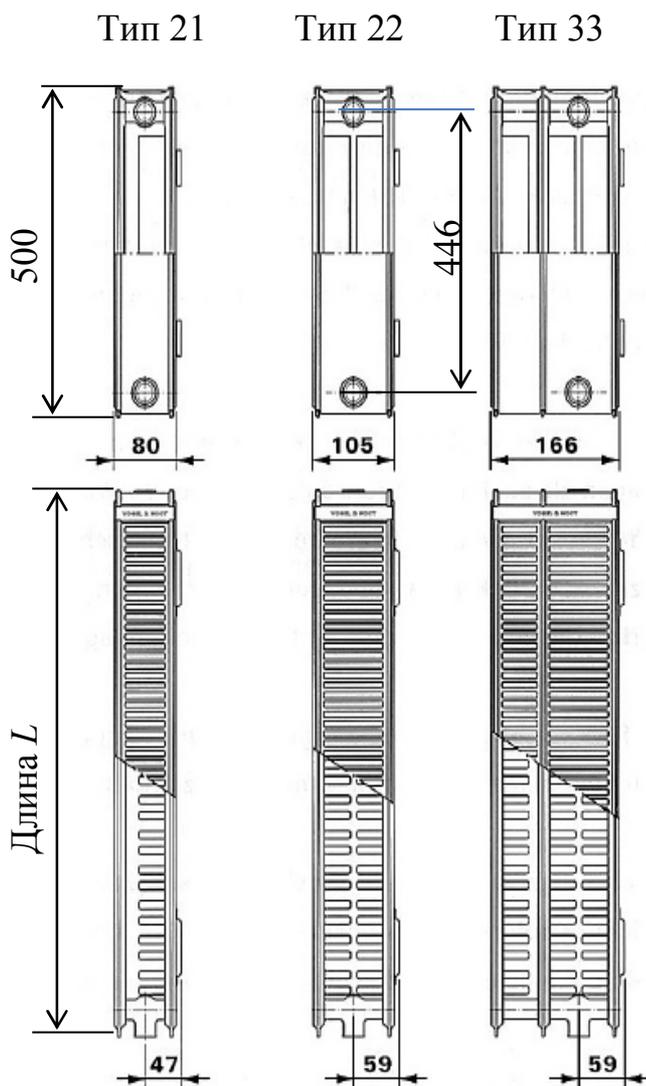


Рис. 5.2. Типы 21, 22 и 33 радиаторов  
«Vogel & Noot Ventil» высотой 500 мм

Условное обозначение радиаторов «Vogel & Noot»: радиатор отопительный стальной панельный «Vogel & Noot Ventil», двухрядный по глубине с двумя рядами конвективного оребрения (тип 22), общей высотой 500 мм и длиной 1200 мм – «Vogel & Noot Ventil» 22 KV-500-1200.

Характеристики радиаторов «Vogel & Noot Ventil» 21 (22, 33) KV-500 приведены в табл. 5.1, радиаторов «RiFar» Base-500 – в табл. 5.2.

Таблица 5.1

**Номинальный условный тепловой поток радиаторов  
«Vogel & Noot Ventil» 21 (22) KV-500**

Длина радиатора $L$ , мм	Номинальный условный тепловой поток $Q_{н.у.}$ , Вт		
	Тип 21	Тип 22	Тип 33
400	750	978	1326
520	976	1271	1724
600	1126	1467	1989
720	1351	1760	2387
800	1501	1956	2652
920	1726	2249	3050
1000	1876	2445	3315
1120	2101	2738	3713
1200	2251	2934	3978
1320	2476	3227	4376
1400	2626	3423	4641
1600	3002	3912	5304
1800	3377	4401	5967
2000	3752	4890	6630

Таблица 5.2

**Характеристика радиаторов «RiFar» Base-500**

Номинальный условный тепловой поток одной секции $Q_{н.у.}$ , Вт	205
Длина одного элемента прибора $l$ , мм	80

В курсовом проекте требуется рассчитать и подобрать отопительные приборы квартиры, через которую проходит основное

(расчетное) циркуляционное кольцо. Основным циркуляционным кольцом считается наиболее протяженное и/или наиболее загруженное кольцо системы.

Тепловая мощность каждого прибора  $Q_{пр}$ , Вт, определяется путем деления тепловых потерь помещения на число установленных в нем отопительных приборов.

Расчет отопительных приборов ведется в следующей последовательности [9].

1. Вычерчивается расчетная схема квартирной разводки с указанием тепловой мощности  $Q_{пр}$ , Вт, каждого прибора (рис. 5.3).

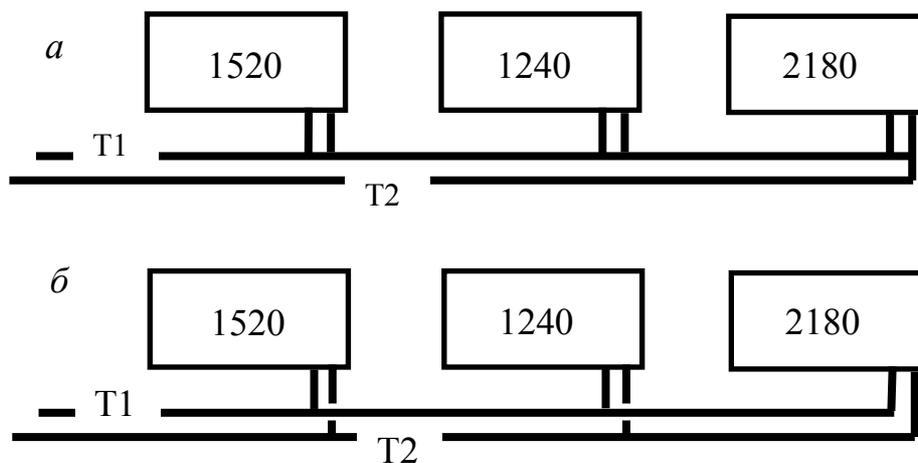


Рис. 5.3. Схемы квартирных разводов отопления для расчета отопительных приборов:  
*a* – однотрубная система; *б* – двухтрубная система

2. Для однотрубных систем водяного отопления находится тепловая нагрузка ветви  $Q_{вет}$ , Вт, как суммарная тепловая мощность подключенных к ней приборов и определяется массовый расход воды в ветви  $G_{вет}$ , кг/ч

$$G_{вет} = \frac{3,6Q_{вет} \beta_1 \beta_2}{c_p (t_r - t_o)}. \quad (5.1)$$

3. Для двухтрубных систем водяного отопления определяется массовый расход воды через каждый отопительный прибор, подключенный к рассматриваемой ветви,  $G_{пр}$ , кг/ч,

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6Q_{\text{пр}}\beta_1\beta_2}{c_p(t_r - t_o)}, \quad (5.2)$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·°С);  $t_r$  и  $t_o$  – температуры воды на входе в стояк и на выходе из него, принимаемые равными соответственно 90 и 70°С;  $\beta_1$  – коэффициент учета увеличения теплового потока устанавливаемых отопительных приборов в результате округления расчетной величины в большую сторону, определяемый по табл. 5.3;  $\beta_2$  – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительных приборов у наружных ограждений, определяемый по табл. 5.4.

Таблица 5.3

**Значения коэффициента  $\beta_1$**

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

Примечание: для отопительных приборов помещения с номинальным тепловым потоком более 2,3 кВт следует принимать вместо  $\beta_1$  коэффициент  $\beta_1' = 0,5 \cdot (1 + \beta_1)$

Для секционных отопительных приборов шаг номенклатурного ряда – это номинальный условный тепловой поток одной секции.

Для стальных панельных радиаторов средний номенклатурный шаг зависит от типа прибора:

- для типа 21 – 188 Вт;
- для типа 22 – 244 Вт;
- для типа 33 – 332 Вт.

Таблица 5.4

**Значения коэффициента  $\beta_2$**

Отопительный прибор	Значения $\beta_2$ при установке прибора у наружной стены, в том числе под световым проемом
1. Радиатор секционный	1,02
2. Радиатор стальной панельный	1,04

4. Вычисляется средняя температура воды в каждом приборе ветви,  $t_{cp}$ , °С.

- для однотрубных систем:

$$t_{cp} = t_r - \left( \sum Q_{пр} + \frac{0,5 Q_{пр}}{\alpha} \right) \frac{3,6 \beta_1 \beta_2}{c_p G_{вет}}, \quad (5.3)$$

где  $\sum Q_{пр}$  – суммарная тепловая мощность приборов, подключенных к ветви до рассматриваемого прибора, Вт;  $\alpha$  – коэффициент затекания воды в отопительный прибор;

- для двухтрубных систем:

$$t_{cp} = 0,5(t_r + t_o). \quad (5.4)$$

Коэффициент затекания воды в прибор зависит от вида присоединительной гарнитуры и от производителя этой арматуры. В курсовом проекте коэффициент затекания принят 0,3.

5. Находится разность средней температуры воды в приборе  $t_{cp}$ , °С, и температуры воздуха в помещении  $t_b$ , °С

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_b, \quad (5.5)$$

6. Вычисляется величина требуемого номинального теплового потока выбранного прибора  $Q_{н.пр}$ , Вт,

$$Q_{н.пр} = \frac{Q_{пр}}{\varphi_k}, \quad (5.6)$$

где  $\varphi_k$  – комплексный коэффициент приведения  $Q_{н.пр}$  к расчетным условиям, определяемый при теплоносителе воде по формуле

$$\varphi_k = \left( \frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \left( \frac{G_{пр}}{360} \right)^p b c \psi, \quad (5.7)$$

где  $n$ ,  $p$  и  $c$  – величины, соответствующие определенному виду отопительных приборов, принимаются по табл. 5.5;  $b$  – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности, при атмосферном давлении  $10^5$  Па  $b = 1,0$ ;  $\psi$  – коэффициент учета направления движения теплоносителя в приборе. Для отопительных приборов, подключенных по схеме сверху–вниз  $\psi = 1$ .

Для однотрубной системы водяного отопления массовый расход воды, проходящей через рассчитываемый прибор  $G_{пр}$ , кг/ч

$$G_{пр} = \alpha G_{вет}, \quad (5.8)$$

Таблица 5.5

**Значения величин  $n$ ,  $p$  и  $c$  для разных типов отопительных приборов**

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя $G_{пр}$ , кг/ч	$n$	$p$	$c$
Радиаторы секционные, стальные панельные	Сверху–вниз	18–50	0,3	0,02	1,039
		54–536		0	1,0
		536–900		0,01	0,996

7. Для стальных панельных радиаторов по величине  $Q_{н.пр}$ , Вт, по табл. 5.1 выбирается типоразмер отопительного прибора.

Для секционных радиаторов определяется минимально необходимое число секций отопительного прибора  $n_{сек}$ , шт.

$$n_{сек} \geq \frac{Q_{н.пр} \beta_4}{Q_{н.у} \beta_3}, \quad (5.9)$$

где  $\beta_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки прибора, при открытой установке прибора  $\beta_4 = 1$ ;  $\beta_3$  – поправоч-

ный коэффициент, учитывающий число секций в приборе, принимаемый при ориентировочном значении  $n_{\text{сек}} = \frac{Q_{\text{н.пр}}\beta_4}{Q_{\text{н.у}}}$ :

- для радиаторов типа МС-140:

число секций в приборе	до 15	16...20	21...25
$\beta_3$	1,0	0,98	0,96

- для радиаторов остальных типов по формуле:

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{34}{n_{\text{сек}} Q_{\text{н.у}}}. \quad (5.10)$$

Первоначально принимают  $\beta_3 = 1$ , а затем, после получения количества секций  $n_{\text{сек}} > 15$ , уточняют.

Если в результате вычислений по формуле (5.10) получилось дробное число, его необходимо округлить до целого.

Величина требуемого номинального теплового потока прибора  $Q_{\text{н.пр}}$  может быть занижена не более, чем на 5 % или на 60 Вт.

## 6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

В курсовом проекте гидравлический расчет трубопроводов центральной системы водяного отопления сводится к определению экономичных сечений участков трубопроводов основного циркуляционного кольца, обеспечивающих при определенном перепаде давления подачу необходимого количества теплоносителя ко всем отопительным приборам.

Гидравлический расчет выполняют по схеме системы отопления (фронтальная изометрическая проекция), вычерчиваемой в масштабе 1:100. Вариант системы водяного отопления и разводки магистральных трубопроводов определяют по табл. 1.2.

На схеме системы отопления подробно показывают основное циркуляционное кольцо (самое длинное, самое нагруженное), на котором вычерчивают расчетную квартирную разводку с отопительными приборами. Показ остальных циркуляционных колец ограничивают магистралями, стояками и ПКМ. Кроме того, на схе-

ме необходимо нанести запорно-регулирующую арматуру (шаровые краны, балансировочные клапаны и т. п.), уклоны трубопроводов, присоединение магистралей системы водяного отопления к тепловому центру, тепловой центр с подключением магистралей наружной тепловой сети.

Основное циркуляционное кольцо необходимо разделить на расчетные участки. Участок – это часть теплопровода с неизменным расходом теплоносителя, проходящего по нему. Расчетные участки нумеруются по направлению движения теплоносителя, начиная от теплового центра. Рекомендуется нумерация участков одной цифрой, например, 1, 2, 3 и т. д. Напротив участка указывается его тепловая нагрузка  $Q_{\text{уч.}}$ , Вт, длина  $l_{\text{уч.}}$ , м, и диаметр  $d_{\text{уч.}}$ , мм (после расчета). Примеры разбивки схем систем отопления на участки приведены на рис. 6.1, 6.2, 6.3 и 6.4.

Гидравлический расчет рекомендуется вести методом характеристик в такой последовательности [9, 12, 13]:

1. Выявляется тепловая нагрузка на всех расчетных участках основного циркуляционного кольца  $Q_{\text{уч.}}$ , Вт. Тепловая нагрузка участков определяется как сумма тепловых нагрузок приборов, к которым по этому участку подводится теплоноситель.

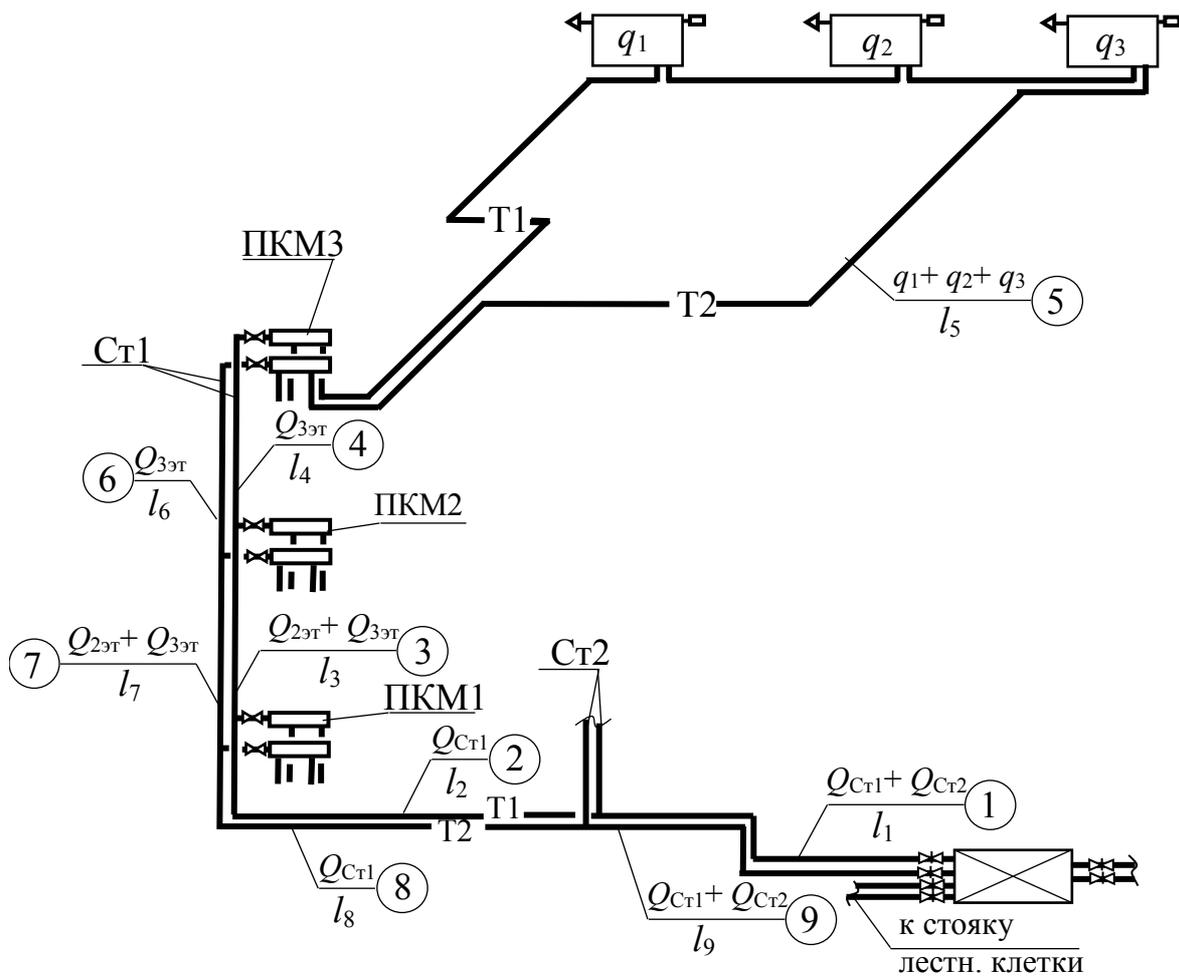


Рис. 6.1. Расчетная схема однотрубной квартирной разводки

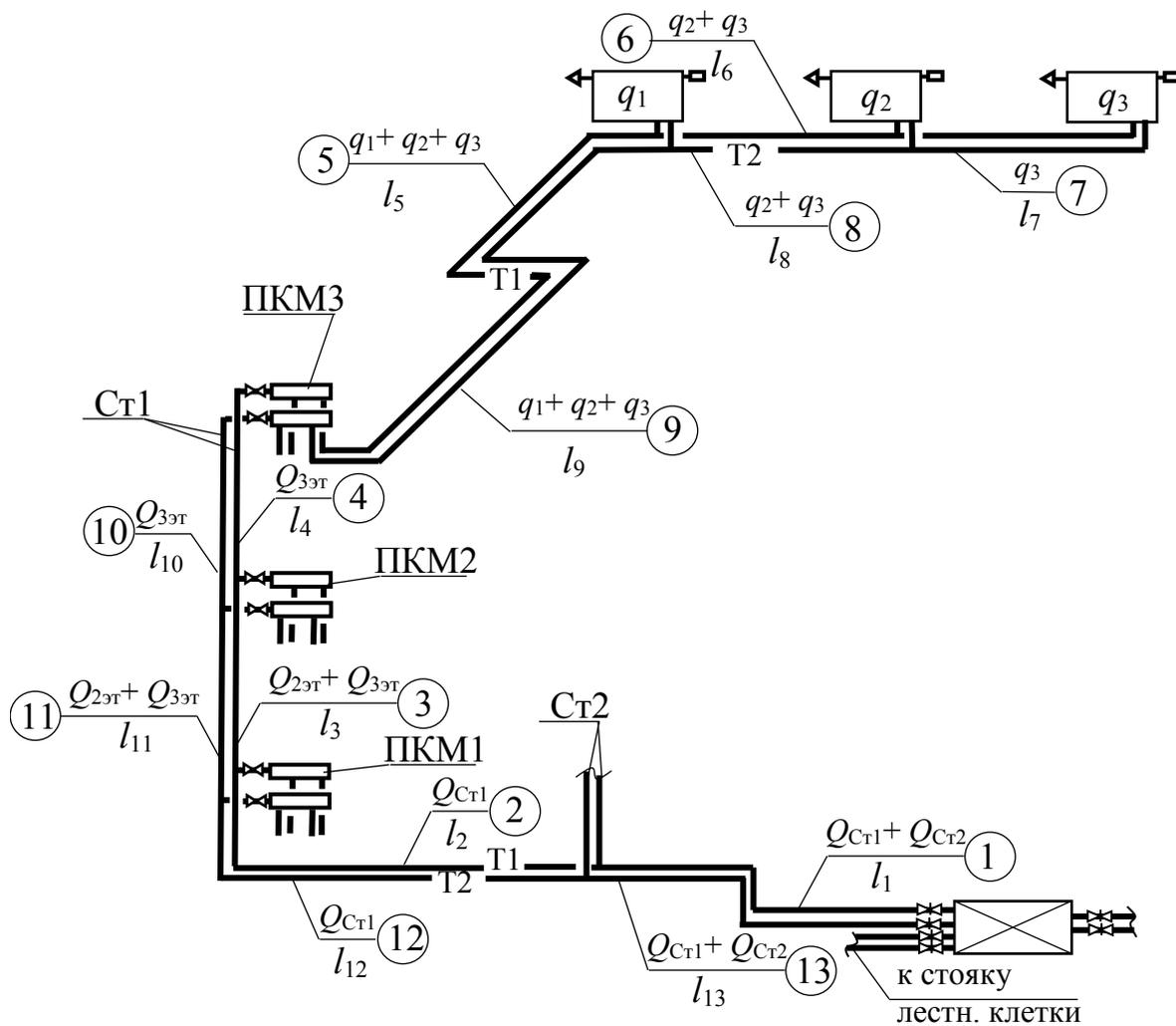


Рис. 6.2. Расчетная схема двухтрубной квартирной разводки с тупиковым движением теплоносителя

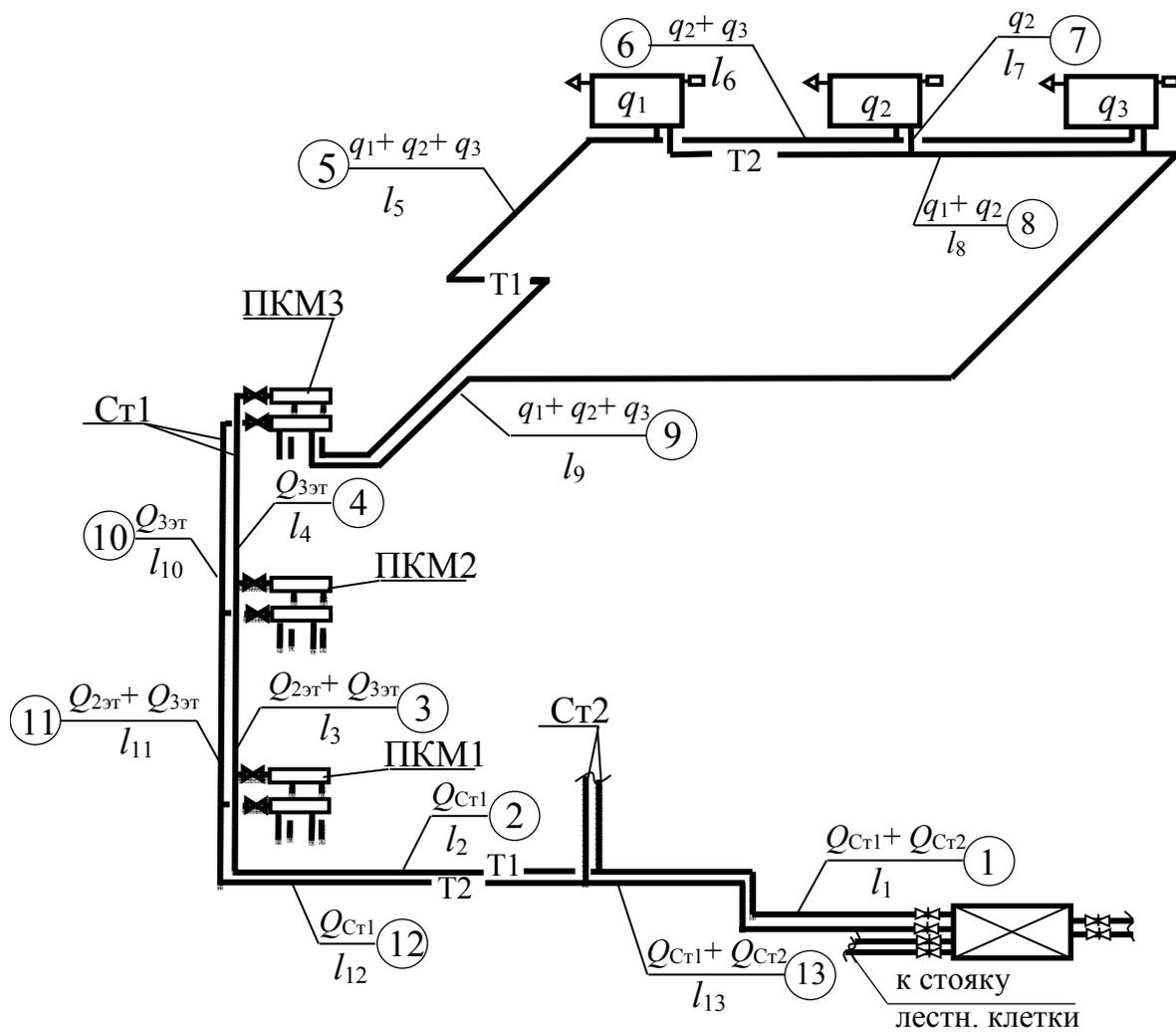


Рис. 6.3. Расчетная схема двухтрубной квартирной разводки с попутным движением теплоносителя

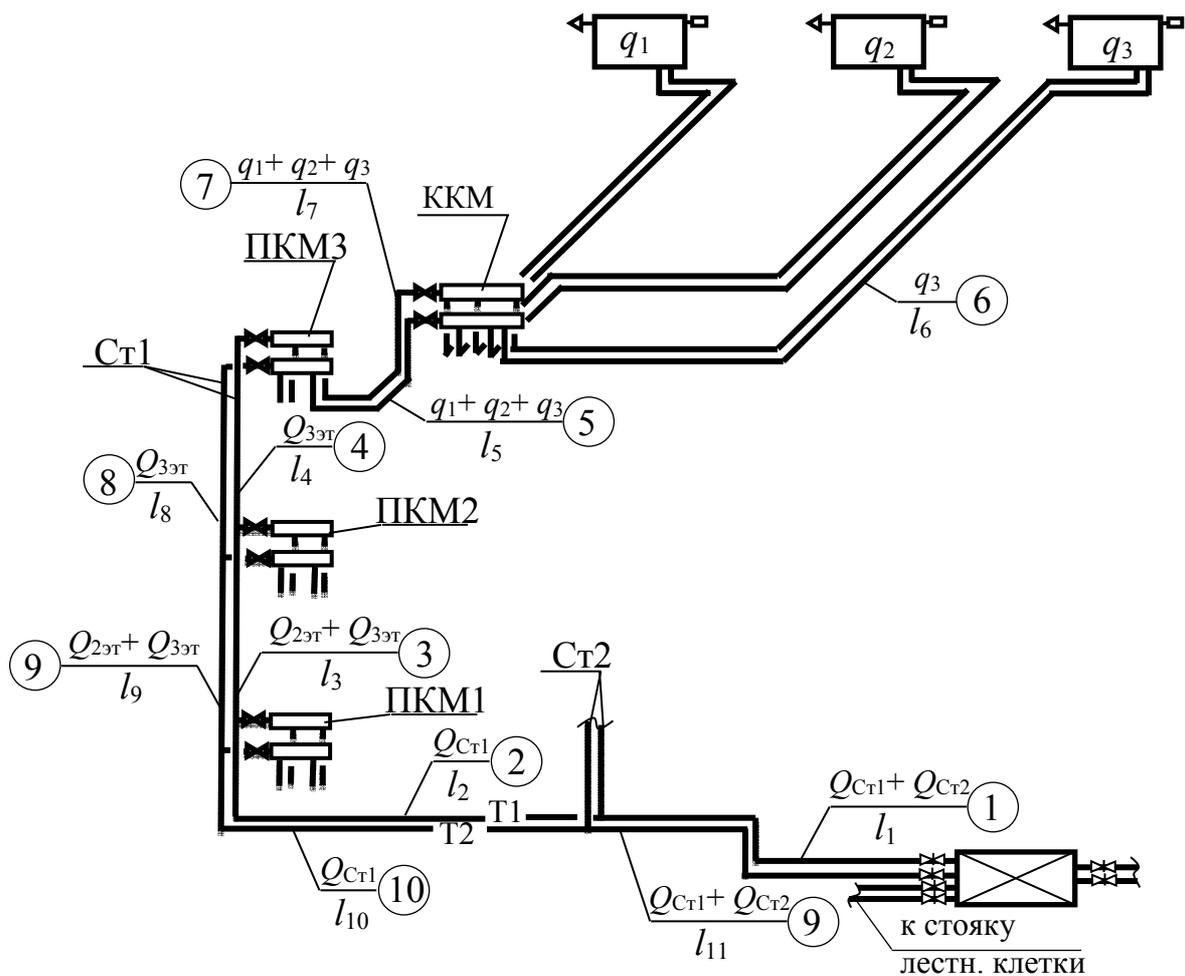


Рис. 6.4. Расчетная схема двухтрубной лучевой квартирной разводки

2. По чертежам (планам и схеме системы отопления) замеряются длины расчетных участков  $l_{\text{уч}}$ , м.

3. Вычисляется массовый расход воды на участках,  $G_{\text{уч}}$ , кг/ч:

$$G_{\text{уч}} = \frac{3,6Q_{\text{уч}}\beta_1\beta_2}{c_p(t_{\text{Г}} - t_{\text{О}})}, \quad (6.1)$$

где  $\beta_1, \beta_2, c_p, t_{\text{Г}}, t_{\text{О}}$  – то же, что и в формуле (5.1).

4. Исходя из оптимального интервала скорости теплоносителя  $w_{\text{уч}} = 0,25 \dots 0,5$  м/с, определяется внутренний диаметр трубопровода на участке, мм, по формуле

$$d_{\text{уч.в}} = \sqrt{\frac{0,36G_{\text{уч}}}{w_{\text{уч}}}}. \quad (6.2)$$

По сортаменту труб выбирается ближайший внутренний диаметр  $d_{\text{уч.в}}$ , мм. Для стояков используются трубы стальные водогазопроводные по ГОСТ 3262–75, а для поэтажной разводки трубы из сшитого полиэтилена РЕ-Х.

5. По табл. 6.1 для соответствующего диаметра трубопровода определяются удельные потери давления на трение  $\lambda_{\text{уч}}/d_{\text{уч.в}}$ , 1/м, и удельное динамическое давление  $A_{\text{уч}}$ , Па/(кг/ч)<sup>2</sup>, на участке.

6. По схеме системы отопления находятся местные сопротивления на каждом участке основного циркуляционного кольца. При этом местные сопротивления (крестовины и тройники), расположенные на границе двух участков, следует отнести к участкам с меньшим массовым расходом теплоносителя. По табл. 6.2 определяются величины коэффициентов местных сопротивлений и их сумма  $\sum \zeta_{\text{уч}}$ .

Вид местных сопротивлений и величины  $\zeta$  по каждому участку должны быть занесены в таблицу, форма которой и примеры заполнения представлены в табл. 6.3.

7. Приведенный коэффициент местных сопротивлений участка

$$\zeta_{\text{уч}}^{\text{прив}} = \frac{\lambda_{\text{уч}}}{d_{\text{уч.в}}} l + \sum \zeta_{\text{уч}}. \quad (6.3)$$

11. Характеристика гидравлического сопротивления участков, Па/(кг/ч)<sup>2</sup>,

$$S_{\text{уч}} = A_{\text{уч}} \zeta_{\text{уч}}^{\text{прив}}. \quad (6.4)$$

12. Полные потери давления на каждом участке, Па,

$$\Delta p_{\text{уч}} = S_{\text{уч}} G_{\text{уч}}^2. \quad (6.5)$$

13. Потери давления в системе отопления, Па,

$$\Delta p = \sum \Delta p_{\text{уч}}. \quad (6.6)$$

Результаты гидравлического расчета заносятся в табл. 6.4.

Таблица 6.1

## Гидродинамические характеристики трубопроводов [12]

Наружный диаметр $d_n$ , мм	Условный диаметр $d_y$ , мм	Толщина стенки, мм	Внутренний диаметр $d_b$ , мм	Удельные потери давления на трение $\lambda/d_{вч.в}$ , 1/м	Удельное динамическое давление $A$ , Па/(кг/ч) <sup>2</sup>
<i>Трубы стальные водогазопроводные обыкновенные по ГОСТ 3262–75</i>					
21,3	15	2,8	15,7	2,5768	0,001052754
26,8	20	2,8	21,2	1,7702	0,000316652
33,5	25	3,2	27,1	1,3024	0,000118590
42,3	32	3,2	35,9	1,0220	0,000054594
48,0	40	3,5	41,0	0,7762	0,000022635
60,0	50	3,5	53,0	0,5631	0,000008106
75,5	65	4,0	67,5	0,4258	0,000003100
88,5	80	4,0	80,5	0,3416	0,000001532
<i>Трубы из сшитого полиэтилена РЕ-Хс</i>					
12,0		2,0	8,0	3,2001	0,015709394
14,0		2,0	10,0	2,3284	0,006396250
16,0		2,0	12,0	1,8539	0,003084611
18,0		2,0	14,0	1,5289	0,001664996
20,0		3,0	16,0	1,2939	0,000975990
26,0		3,0	20,0	0,9790	0,000399766
32,0		3,0	26,0	0,7052	0,000139969

Таблица 6.2

### Коэффициенты местных сопротивлений $\zeta$

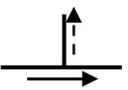
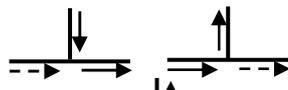
Местное сопротивление	Значение $\zeta$ при условном проходе труб, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
Радиатор секционный	2	2	2	2	2	2	2
Радиатор стальной панельный	0,7	1,7	8,5	14,4	–	–	–
Тройники: проходные							
поворотные на ответвление							
на противотоке							
Балансировочный клапан 	20	16	10	9	9	8	7
Шаровый кран 	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Задвижка 	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отводы 90° и утка 	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
Скобы 	4	3	2	2	2	2	2
Узел подключения отопительного прибора с термостатическим клапаном	20	20	50	50			
ПКМ	40	40	40	40	40	40	40
ККМ	20	20	20	20	20	20	20

Таблица 6.3

### Пример заполнения таблицы для определения суммы коэффициентов местных сопротивлений на участках

Номер участка	Диаметр $d_y$ , мм	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления $\zeta$	$\Sigma \zeta_{уч}$
1	40	Шаровой кран	0,5	2,5
		Отвод 90°	$0,5 \times 4 \text{ шт.} = 2,0$	
и т. д.				

## Ведомость гидравлического расчета

Номер участка	Тепловая нагрузка $Q_{\text{уч}}$ , Вт	Расход воды на участках, $G_{\text{уч}}$ , кг/ч	Внутренний диаметр трубопровода $d_{\text{уч.в}}$ , мм	Скорость воды в на участке $W_{\text{уч}}$ , м/с	Удельные потери давления на трение $\lambda_{\text{уч}}/d_{\text{уч.в}}$ , 1/м	Удельное динамическое давление $A_{\text{уч}}$ , Па/(кг/ч) <sup>2</sup>	Сумма коэффициентов местных сопротивлений	Приведенный коэффициент местных сопротивлений $\zeta_{\text{прив}}$	Характеристика гидравлического сопротивления участков $S_{\text{уч}}$ , Па/(кг/ч) <sup>2</sup>	Полные потери давления на участке $\Delta p_{\text{уч}}$ , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

По окончании гидравлического расчета на схеме системы отопления и на планах здания проставляются диаметры трубопроводов. Для трубопроводов из стальных водогазопроводных труб (ГОСТ 3262) указывают диаметр условного прохода и толщину стенки ( $\varnothing 25 \times 3,2$ ). Для трубопроводов из полимерных труб указывают наружный диаметр и толщину стенки ( $\varnothing 14 \times 2$ ).

## 7. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

### 7.1. Общие данные

Подключение систем теплоснабжения (отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения) здания к системе теплоснабжения производится в тепловых пунктах.

В тепловых пунктах предусматривается размещение оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации, посредством которых осуществляется [4]:

- преобразование вида теплоносителя или его параметров;
- контроль параметров теплоносителя;
- учет тепловых потоков и расходов теплоносителя;
- регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты;
- защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя;

- заполнение и подпитка систем потребления теплоты;
- отключение систем потребления теплоты;
- аккумулялирование теплоты;
- подготовка воды для систем горячего водоснабжения.

В тепловом пункте в зависимости от его назначения и конкретных условий присоединения потребителей могут осуществляться все перечисленные функции или только их часть.

Тепловые пункты подразделяются на:

- индивидуальные тепловые пункты (ИТП) – для присоединения систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок одного здания или его части;

- центральные тепловые пункты (ЦТП) – то же, двух зданий или более.

Допускается устройство ЦТП для присоединения систем теплоснабжения одного здания, если для этого здания требуется устройство нескольких ИТП.

Устройство ИТП обязательно для каждого здания независимо от наличия ЦТП, при этом в ИТП предусматриваются только те функции, которые необходимы для присоединения систем потребления теплоты данного здания и не предусмотрены в ЦТП.

## **7.2. Объемно-планировочные и конструктивные решения помещений ИТП**

Индивидуальные тепловые пункты подразделяются на отдельно стоящие, пристроенные к зданиям и встроенные в здания. Индивидуальные тепловые пункты должны быть встроенными в обслуживаемые ими здания и размещаться в отдельных помещениях на первом этаже у наружных стен здания. Допускается размещать ИТП в технических подпольях или в подвалах жилых и общественных зданий. При этом помещения тепловых пунктов должны отделяться от этих помещений ограждениями (перегородками), предотвращающими доступ посторонних лиц в тепловой пункт.

Встроенные в здания тепловые пункты следует размещать у наружных стен зданий на расстоянии не более 12 м от выхода из этих зданий.

Из встроенных в здания тепловых пунктов должны предусматриваться выходы:

- при длине помещения теплового пункта 12 м и менее и расположении его на расстоянии менее 12 м от выхода из здания наружу – один выход наружу через коридор или лестничную клетку;

- при длине помещения теплового пункта 12 м и менее и расположении его на расстоянии более 12 м от выхода из здания – один самостоятельный выход наружу;

- при длине помещения теплового пункта более 12 м – два выхода, один из которых должен быть непосредственно наружу, второй – через коридор или лестничную клетку.

Высота помещений ИТП от отметки чистого пола до низа выступающих конструкций перекрытия (в свету) рекомендуется принимать не менее 2,2 м. При размещении ИТП в подвальных и цокольных помещениях, а также в технических подпольях зданий допускается принимать высоту помещений и свободных проходов к ним не менее 1,8 м. Предусматривать проемы для естественного освещения тепловых пунктов не требуется.

Двери из помещения теплового пункта или здания должны открываться «от себя».

Тепловые пункты, оборудованные насосами, не допускается размещать смежно, под или над помещениями жилых квартир, за исключением тех пунктов, где устанавливаются бесфундаментные насосы, обеспечивающие уровень звукового давления в смежных помещениях, не превышающий допустимый.

### **7.3. Присоединение систем потребления теплоты к тепловым сетям**

**Системы отопления** присоединяются к тепловой сети в тепловых пунктах по зависимой или независимой схемам.

**Зависимая схема присоединения** системы теплоснабжения к тепловой сети – схема присоединения к тепловой сети, при которой теплоноситель (вода) из тепловой сети поступает непосредственно в систему теплоснабжения.

**Независимая схема присоединения** системы теплоснабжения – схема присоединения к тепловой сети, при которой теплоноситель, поступающий из тепловой сети, проходит через теплообменник, установленный в тепловом пункте, где нагревает вторичный теплоноситель, используемый в дальнейшем в системе теплоснабжения.

**Системы горячего водоснабжения** присоединяются к тепловой сети по схеме с открытым водоразбором (открытая водяная система теплоснабжения), либо с закрытым водоразбором – через теплообменники (закрытая водяная система теплоснабжения).

**Открытая водяная система теплоснабжения** – такая система, в которой вся сетевая вода или ее часть используется путем ее отбора из тепловой сети для удовлетворения нужд потребителей в горячей воде.

**Закрытая водяная система теплоснабжения** – такая система, в которой не предусматривается использование сетевой воды потребителями путем ее отбора из тепловой сети.

Оборудование тепловых пунктов рекомендуется принимать в блочном исполнении, для чего необходимо:

- принимать водоподогреватели, насосы и другое оборудование в блоках заводской готовности;
- принимать укрупненные монтажные блоки трубопроводов;
- укрупнять технологически связанное между собой оборудование в транспортабельные блоки с трубопроводами, арматурой, контрольно-измерительными приборами (КИП), электротехническим оборудованием и тепловой изоляцией.

#### **7.4. Блочные индивидуальные тепловые пункты**

В курсовом проекте для многоэтажного жилого здания предусматривается зависимая схема присоединения системы отопления к тепловой сети с узлом смещения. При проектировании необходимо изучить оборудование, входящее в состав индивидуального теплового пункта жилого здания. Рекомендуется применять блочные индивидуальные тепловые пункты (БИТП) заводского изготовления. Примеры типовых БИТП, состоящих из отдельных модулей, приведены в [14, 15].

В БИТП жилого здания при двухтрубной системе теплоснабжения предусматриваются модули:

- узла ввода с приборами учета тепловой энергии;
- зависимого присоединения системы отопления;
- присоединения системы горячего водоснабжения.

**Модуль узла ввода с приборами учета тепловой энергии** (рис. 7.1, 7.2) предназначен для механической очистки теплоносителя (в грязевике и механическом фильтре), а также для учета теп-

лоносителя и тепловой энергии в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети.

Модуль комплектуется преобразователями расхода (расходомерами) на подающем и обратном трубопроводах, датчиками температуры и давления. В состав модуля включен также регулятор перепада давления прямого действия.

**Модуль зависимого присоединения системы отопления** (рис. 7.3, 7.4) предназначен для зависимого присоединения системы отопления к тепловой сети. Модуль конструктивно состоит из двух трубопроводов, соединенных перемычкой. До смешения потоков подающего и обратного трубопроводов установлена отключающая арматура, двухходовой регулирующий клапан с электроприводом для регулирования расхода теплоносителя из тепловой сети. Во вторичном контуре установлена отключающая арматура, сдвоенный циркуляционный насос с мокрым ротором для циркуляции теплоносителя в системе отопления.

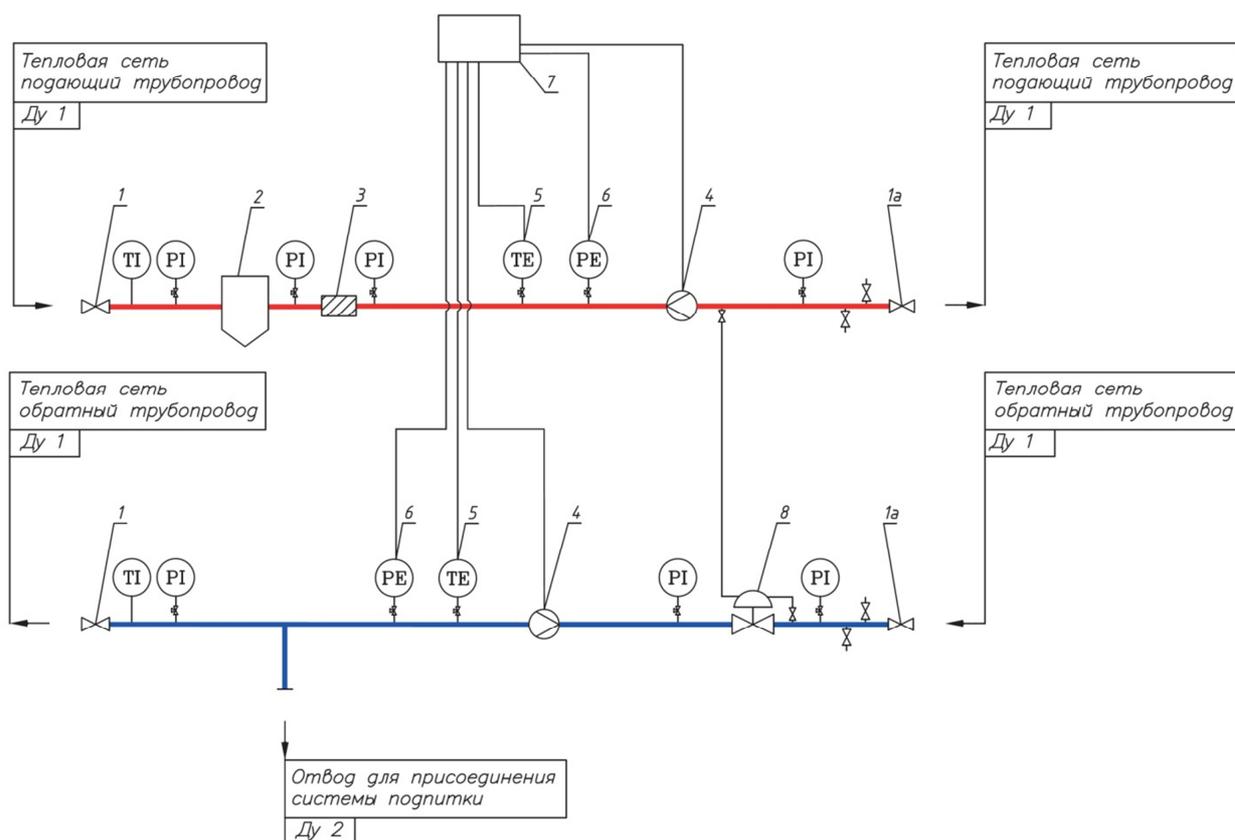
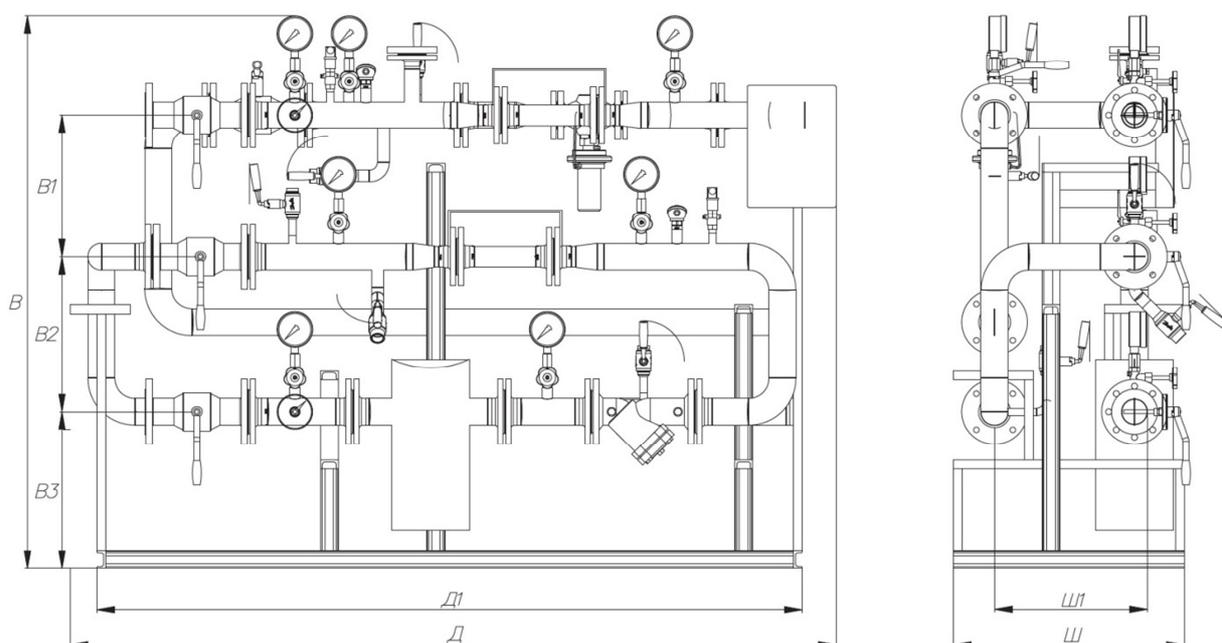


Рис. 7.1 Принципиальная схема модуля узла ввода: 1 – кран стальной шаровой; 1а – кран стальной шаровой; 2 – грязевик ТС-569 абонентский, равнопроходный; 3 – фильтр сетчатый фланцевый; 4 – расходомер; 5 – комплект

термометров сопротивления для теплосчетчика; 6 – преобразователь давления; 7 – тепловычислитель; 8 – регулятор перепада давления

Для работы модуля необходим регулятор (контроллер). В зависимости от температуры наружного воздуха система автоматического управления с помощью двухходового клапана в первичном контуре поддерживает температуру теплоносителя, подаваемого в систему отопления в соответствии с выбранным потребителем графиком температур.

При расчетной температуре наружного воздуха понижение температуры сетевой воды ( $t_c = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ), поступающей от ТЭЦ в ИТП здания, до необходимой для подачи в систему отопления с температурой  $t_r = 90 \text{ }^\circ\text{C}$  происходит при смешении высокотемпературной воды  $t_c$  с обратной водой, охлажденной до температуры  $t_o = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Подача воды на смешение производится смесительным насосом.



Из систем (отопление, ГВС, вентиляция) Ду 1

К системам (отопление, ГВС, вентиляция) Ду 1

Из тепловой сети Ду 1

В тепловую сеть Ду 1

Отвод на подпитку системы  
отопления (вентиляции) Ду 2

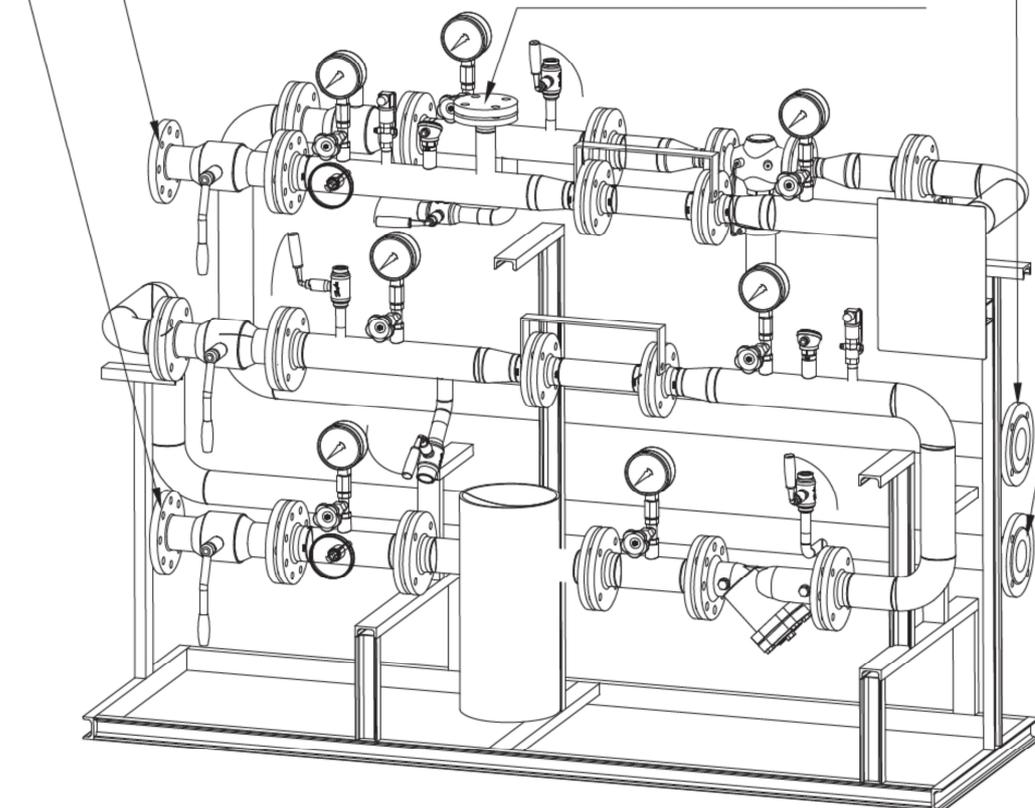


Рис. 7.2 Модуль узла ввода

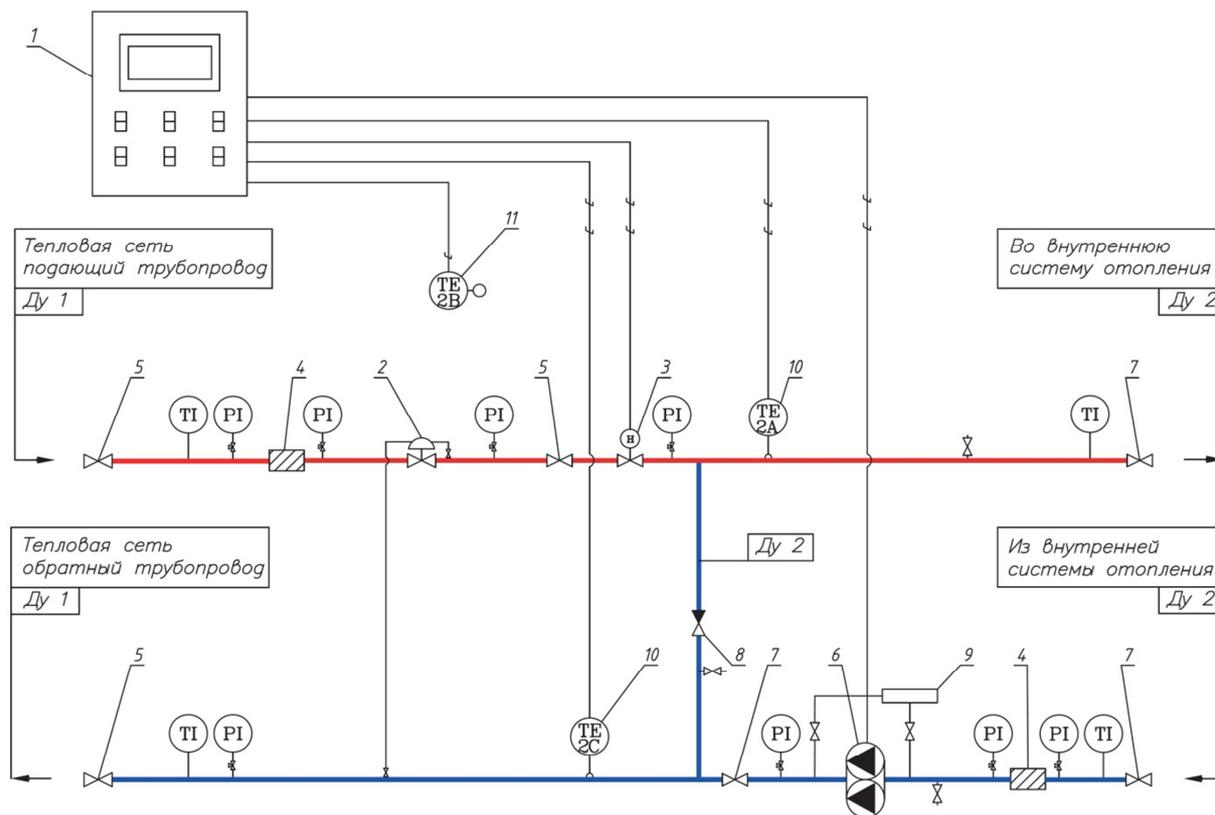
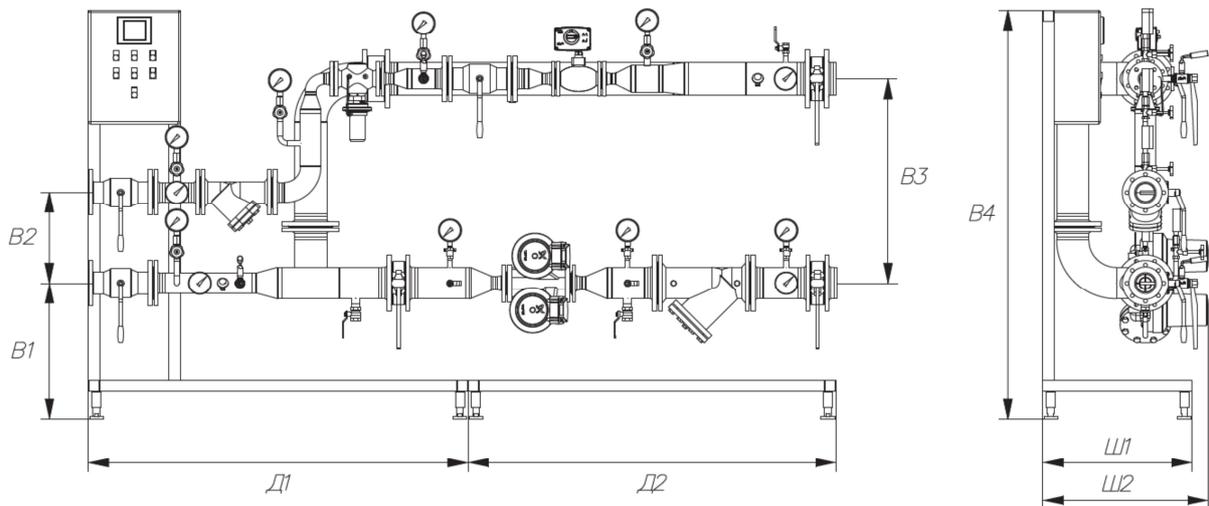


Рис. 7.3 Принципиальная схема модуля узла смешения для зависимой схемы присоединения системы отопления: 1 – шкаф автоматизации с контроллером; 2 – регулятор перепада давления; 3 – клапан регулирующий двухходовой; 4 – фильтр сетчатый фланцевый; 5 – кран стальной шаровый; 6 – двудвирунный циркуляционный насос системы отопления; 7 – затвор дисковый поворотный; 8 – клапан обратный пружинный для установки между фланцами; 9 – реле перепада давления/реле давления; 10 – погружной датчик температуры теплоносителя; 11 – датчик температуры наружного воздуха

**Модуль присоединения системы горячего водоснабжения в курсовом проекте не рассматривается.**

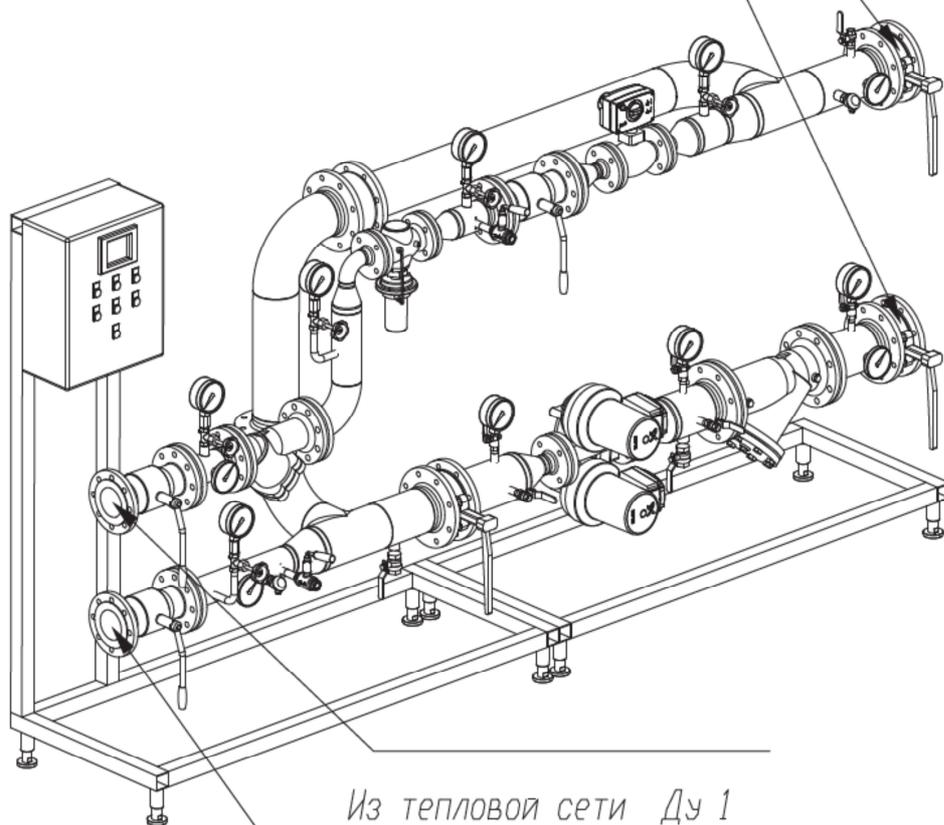
Размещение оборудования блочного ИТП, состоящего из отдельных модулей, показано на рис. 7.5.

Подбор модулей производится по расчетным расходам теплоносителя (табл. 7.1, 7.2).



*В систему отопления (вентиляции) Ду 2*

*Из системы отопления (вентиляции) Ду 2*



*Из тепловой сети Ду 1*

*В тепловую сеть Ду 1*

**Рис. 7.4 Модуль узла смешения для зависимой схемы присоединения системы отопления**

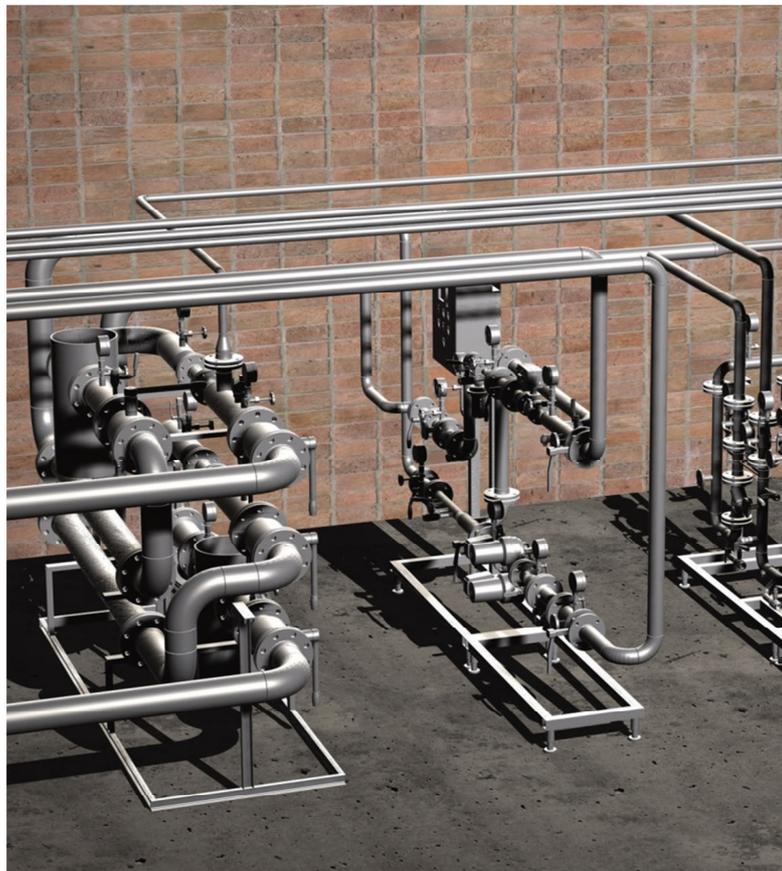
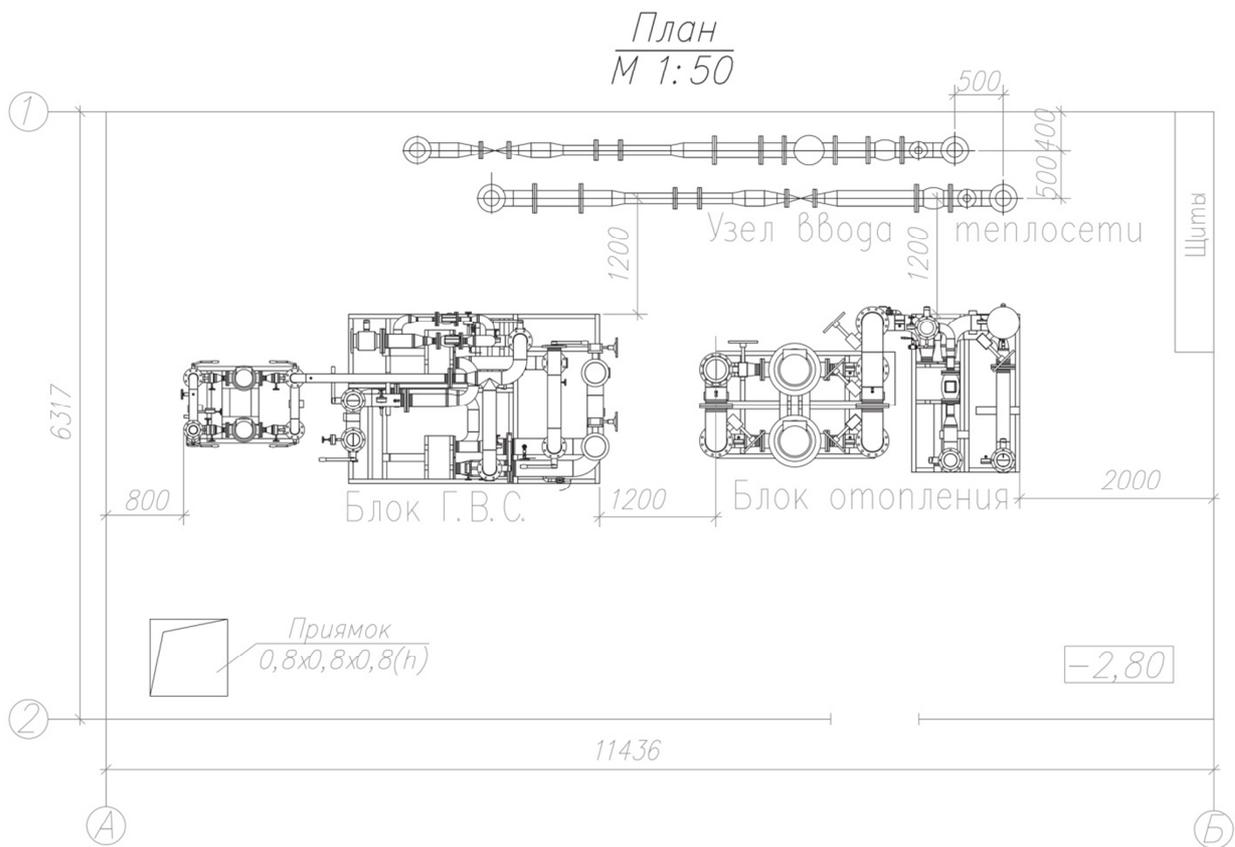


Рис. 7.5 Примеры расстановки оборудования БИТП в помещении

Таблица 7.1

### Основные технические характеристики модуля ввода УВ-С

Тип	Расчетный диапазон расходов, т/ч	Диаметр, Ду 1, мм	Размеры, мм							
			<i>B</i>	<i>B1</i>	<i>B2</i>	<i>B3</i>	<i>Д</i>	<i>Д1</i>	<i>Ш</i>	<i>Ш1</i>
<i>УВ-С-040-Р-0040</i>	0,8...1,7	40	1427	390	370	400	1890	1770	550	320
<i>УВ-С-050-Р-0063</i>	1,7...5,0	50	1477	400	400	400	1880	1760	600	360
<i>УВ-С-065-Р-0080</i>	5,0...8,3	65	1775	520	480	480	2245	2100	700	430
<i>УВ-С-080-Р-0200</i>	8,3...13,3	80	1775	520	480	480	2245	2100	700	430

Таблица 7.2

### Основные технические характеристики стандартного узла смешения АУУ-С

Тип	Расчетный диапазон расходов, т/ч	Диаметр, мм		Размеры, мм							
		<i>Ду1</i>	<i>Ду2</i>	<i>Д1</i>	<i>Д2</i>	<i>В1</i>	<i>В2</i>	<i>В3</i>	<i>В4</i>	<i>Ш1</i>	<i>Ш2</i>
<i>АУУ-С-0200-050-065-Р-Д</i>	4...10	50	65	1300	1200	600	400	900	1800	500	550
<i>АУУ-С-0400-065-100-Р-Д</i>	10...18	65	100	1550	1400	600	400	900	1800	600	660
<i>АУУ-С-0600-080-125-Р-Д</i>	18...26	80	125	1650	1600	600	400	900	1800	650	720

Расшифровка условных обозначений модулей БИТП:

- пример обозначения модуля ввода: *УВ-С-032-Р-0016*, где *УВ* – узел ввода; *С* – стандартный; *032* – условный проход трубопроводов и арматуры *Ду 1* со стороны тепловой сети; *Р* – наличие регулятора перепада давления; *0016* – условное обозначение пропускной способности клапана регулятора перепада давления;

- пример обозначения модуля зависимого присоединения системы отопления: *АУУ-С-0200-050-065-Р-Д*, где *АУУ* – автоматизированный узел управления; *С* – стандартный; *0200* – условная тепловая нагрузка, Мкал/ч; *050* – условный проход трубопроводов и арматуры *Ду 1* со стороны тепловой сети; *065* – условный проход трубопроводов и арматуры *Ду 2* со стороны тепловой сети; *Р* – наличие регулятора перепада давления; *Д* – сдвоенный циркуляционный насос.

В курсовом проекте необходимо по расчетной тепловой нагрузке на отопление выполнить разработку принципиальной схемы БИТП и компоновку оборудования в помещении ИТП. Пример выполнения принципиальной схемы показан на рис. 7.6.

**Пример подбора** оборудования индивидуального теплового пункта жилого дома.

**Исходные данные:**

- тепловая нагрузка система отопления –  $Q_{c.o} = 120000$  Вт;
- температура теплоносителя в подающем трубопроводе сетевой воды –  $t_c = 150$  °С;
- температура теплоносителя в обратном трубопроводе сетевой воды –  $t_o = 70$  °С;
- температура теплоносителя на входе в систему отопления –  $t_r = 90$  °С;
- схема присоединения системы отопления – зависимая;
- тепловая нагрузка системы горячего водоснабжения  $Q_{гвс} = 120000$  Вт (условно тепловая нагрузка принята равной тепловой нагрузке системы отопления);
- схема присоединения системы горячего водоснабжения – с закрытым водоразбором.

## **Подбор БИТП**

1. Подбор модуля зависимого присоединения системы отопления.

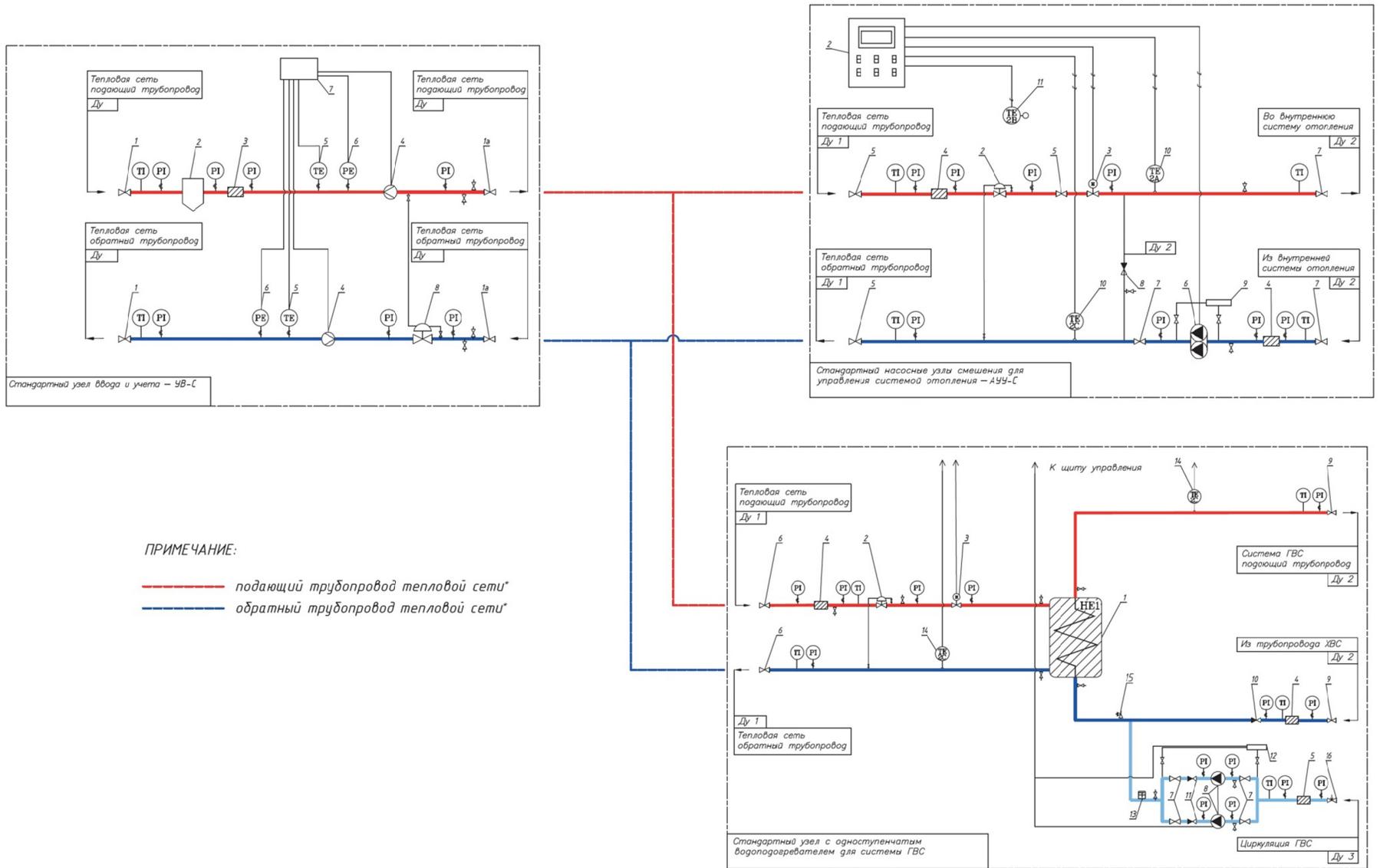


Рис. 7.6 Пример выполнения принципиальной схемы БИТП

Расчетный расход теплоносителя в системе отопления

$$G_{c.o} = \frac{3,6Q_{c.o}}{c_w(t_r - t_o)} 10^{-3} = \frac{3,6 \cdot 120000}{4,187(90 - 70)} 10^{-3} = 5,16 \text{ т/ч},$$

где  $c_w = 4,187$  кДж/(кг·°С) – удельная массовая теплоемкость воды.

По величине расхода  $G_{c.o} = 5,16$  т/ч в табл. 7.2 определяем тип модуля: *AУУ-С-0200-050-065-Р-Д*.

2. Подбор модуля узла ввода с приборами учета тепловой энергии.

Расчетная тепловая нагрузка узла ввода

$$Q = Q_{c.o} + Q_{гвс} = 120000 + 120000 = 240000 \text{ Вт.}$$

Расчетный расход теплоносителя из тепловой сети

$$G_{т.с} = \frac{3,6Q}{c_w(t_c - t_o)} 10^{-3} = \frac{3,6 \cdot 240000}{4,187(150 - 70)} 10^{-3} = 2,58 \text{ т/ч.}$$

По величине расхода  $G_{т.с} = 2,58$  т/ч в табл. 7.1 определяем тип модуля: *УВ-С-050-Р-0063*.

3. Принципиальная схема БИТП из стандартного модульного блока независимого присоединения системы отопления, модуля присоединения системы горячего водоснабжения с закрытым водоразбором и узла ввода с приборами учета тепловой энергии показана на рис. 7.6, а компоновка оборудования в помещении ИТП – на рис. 7.5.

## **8. ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

В курсовом проекте необходимо запроектировать систему естественной канальной вытяжной вентиляции для блока из квартир (через которую проходит расчетное циркуляционное кольцо), расположенных одна над другой по вертикали здания.

На рис. 8.1 показана принципиальная схема системы вытяжной естественной канальной вентиляции. Она состоит из верти-

кальных внутрстенных или приставных каналов (2) с отверстиями, в которые вставлены жалюзийные решетки (1). Над вытяжной шахтой устанавливают зонт или дефлектор (3).

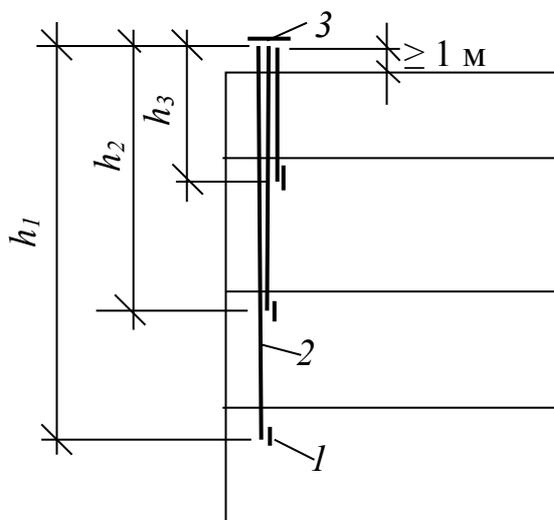


Рис. 8.1. Система вытяжной естественной канальной вентиляции малоэтажного здания

Схема естественной вентиляции квартир такова: поступление воздуха в помещение (приток) осуществляется через поры и неплотности наружных ограждений (инфильтрация) или приточные устройства (форточки, фрамуги), а удаление воздуха из помещения (вытяжка) – через решетки на вентиляционных каналах, установленные под потолком в кухнях, санузлах и ванных комнатах.

В зданиях с кирпичными внутренними стенами вентиляционные каналы устраивают в толще стен или бороздах, заделываемых плитами (рис. 8.2 – а, б). Минимально допустимый размер вентиляционных каналов в кирпичных стенах  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$  кирпича. Толщина стенок канала принимается не менее  $\frac{1}{2}$  кирпича. Для внутренних кирпичных стен, размеры встроенных каналов принимают  $140 \times 140$  мм ( $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$  кирпича),  $140 \times 270$  мм ( $\frac{1}{2} \times 1$  кирпич),  $270 \times 270$  мм ( $1 \times 1$  кирпич),  $270 \times 400$  мм ( $1 \times 1\frac{1}{2}$  кирпича) и т.д. Устройство каналов в наружных стенах не допускается.

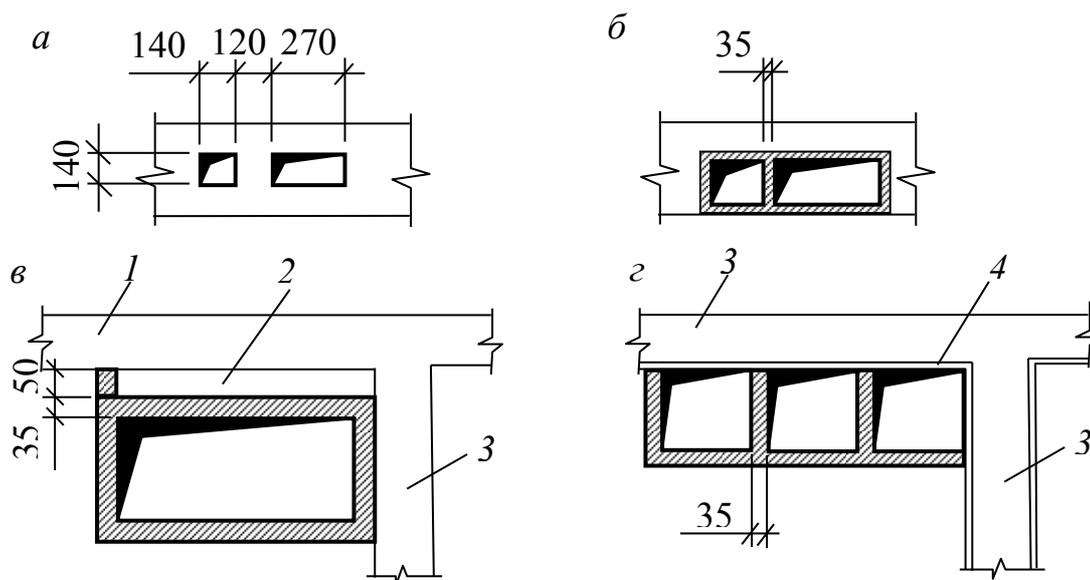


Рис. 8.2. Схема устройства вентиляционных каналов: *а* – в кирпичных стенах; *б* – в бороздах стены, заделываемых плитами; *в* – с воздушной прослойкой у наружной стены; *г* – у внутренней стены; *1* – наружная стена; *2* – воздушная прослойка; *3* – внутренняя стена; *4* – штукатурка

Если нет внутренних кирпичных стен, устраивают приставные воздуховоды из блоков или плит (рис. 8.2 – *в*, *г*). Размеры приставных каналов принимают 100×150, 150×220, 150×320, 220×250, 220×350 мм при толщине плиты 35...40 мм. Приставные воздуховоды устраивают, как правило, у внутренних строительных конструкций. Если они по какой-либо причине размещаются у наружной стены, то между стеной и воздуховодом оставляют зазор не менее 50 мм или делают утепление [11].

В канальных системах естественной вытяжной вентиляции воздух перемещается в воздуховодах под действием гравитационного давления, возникающего за счет разности плотностей наружного и внутреннего воздуха [11, 13].

Гравитационное давление  $\Delta p_{гр}$ , Па, определяется по формуле

$$\Delta p_{гр} = h_i g (\rho_n - \rho_v), \quad (8.1)$$

где  $h_i$  – высота воздушного столба (см. рис. 8.1), принимаемая от центра вытяжного отверстия (жалюзийной решетки) в кухне данного этажа до устья вытяжной шахты, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\rho_n$ ,  $\rho_v$  – плотность соответственно наружного (при

температуре + 5 °С) и внутреннего воздуха (при  $t_v$  для рассчитываемого помещения – кухни или санузла),  $\text{кг/м}^3$ , определяется из выражения

$$\rho = \frac{353}{273 + t}. \quad (8.2)$$

При перемещении воздуха по воздуховодам (каналам) происходят потери давления  $\Delta p_{\text{пот}}$ , Па, на трение по длине и в местных сопротивлениях:

$$\Delta p_{\text{пот}} = a \Sigma(Rl\beta_{\text{ш}} + Z), \quad (8.3)$$

где  $a$  – коэффициент запаса, равный 1,1...1,15;  $R$  – удельные потери давления на трение по длине, Па/м;  $l$  – длина воздуховода (канала), м;  $\beta_{\text{ш}}$  – коэффициент шероховатости внутренней поверхности воздуховода (канала), определяемый по табл. 8.1;  $Z$  – потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Потери давления в местных сопротивлениях определяются по формуле:

$$Z = p_{\text{дин}} \Sigma \zeta, \quad (8.4)$$

где  $\Sigma \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений;  $p_{\text{дин}}$  – динамическое давление, Па.

Система естественной вытяжной вентиляции будет эффективно работать при условии, что величина гравитационного давления будет больше потерь давления:

$$\Delta p_{\text{гр}} \geq \Delta p_{\text{пот}}.$$

Таблица 8.1

### Значения коэффициентов шероховатости $\beta_{\text{ш}}$

Скорость движения воздуха, м/с	Коэффициент шероховатости $\beta_{\text{ш}}$			
	При материале 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

## 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВОЗДУХООБМЕНА И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗДУХОВОДОВ

При определении расчетного воздухообмена для заданного помещения (кухни)  $V_{\text{кух}}$ , м<sup>3</sup>/ч, исходя из того, что количество воздуха, необходимого для вентиляции квартиры жилого дома составляет 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилой площади, и, что часть воздуха удаляется из квартиры через вентиляционные каналы туалета, ванной комнаты:

$$V_{\text{кух}} = 3 \sum F_{\text{ж.к}} - 50, \quad (9.1)$$

где  $\sum F_{\text{ж.к}}$  – суммарная площадь жилых комнат квартиры, м<sup>2</sup>; 50 м<sup>3</sup>/ч – суммарный расход воздуха, удаляемого из туалета, ванной комнаты или совмещенного санузла (см. табл. 9.1).

Полученное значение  $V_{\text{кух}}$  необходимо сравнить с минимальным воздухообменом для оборудованной газовой плитой кухни  $V_{\text{min}}$ , который требуется для компенсации воздуха, расходуемого при сжигании газа (см. табл. 9.1).

За расчетный воздухообмен  $V_{\text{расч}}$  принимается большая из величин  $V_{\text{кух}}$  и  $V_{\text{min}}$ .

Последовательность аэродинамического расчета воздуховодов (каналов):

1. На поэтажных планах и плане чердака наносятся внутристенные или приставные каналы. У вытяжных решеток помещений указывается количество воздуха, удаляемого по каналу (рис. 9.1).

2. Вычерчивается аксонометрическая схема системы вентиляции (рис. 9.2). В курсовой работе следует рассчитать воздуховоды (каналы), по которым удаляется воздух с первого и с последнего этажей. Эти направления должны быть разбиты на расчетные участки. За расчетный участок в вентиляции принимается воздуховод с неизменными расходом воздуха, сечением и материалом воздуховода. На схеме в кружке у выносной черты ставится номер участка, над чертой указывается расход на участке  $V_{\text{уч}}$ , м<sup>3</sup>/ч, а под чертой – длина участка  $l_{\text{уч}}$ , м.

**Расчетный минимальный воздухообмен в помещениях  
жилого здания по [10]**

Назначение помещения	Минимальный воздухообмен $V_{\min}$ , м <sup>3</sup> /ч
Жилая комната	3 м <sup>3</sup> /ч на 1 м <sup>2</sup> площади пола жилой комнаты
Кухня: в однокомнатной квартире в двухкомнатной квартире в трехкомнатной квартире	60 75 90
Ванная комната	25
Туалет	25
Совмещенный санузел	50

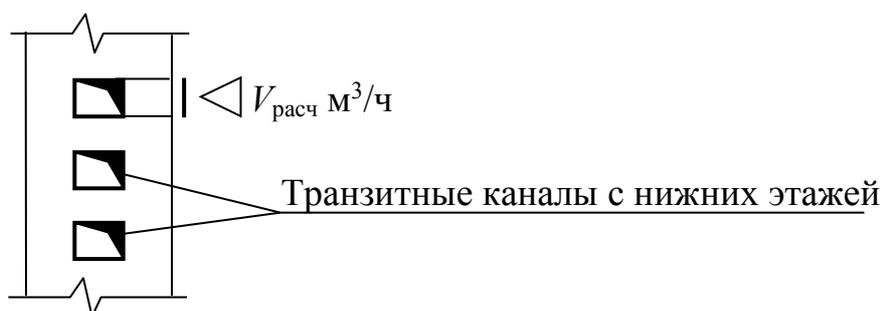


Рис. 9.1. Изображение на плане внутристенных каналов  
вытяжной естественной вентиляции

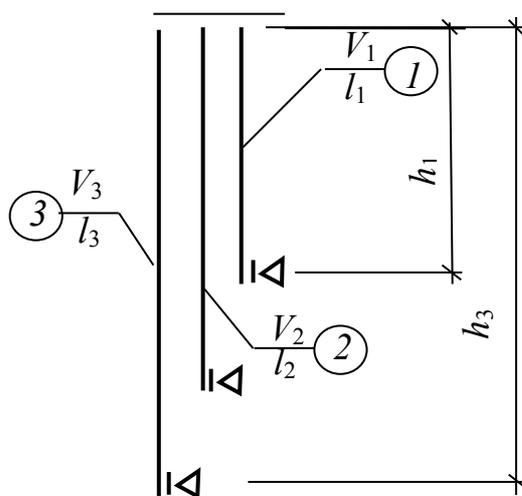


Рис. 9.2. Расчетная схема системы  
естественной вытяжной

3. Определяется предварительная площадь сечения воздуховода (канала) на расчетном участке  $f_{\text{уч}}^{\text{пр}}$ , м<sup>2</sup>, по известному расходу  $V_{\text{уч}}$ , и рекомендуемой скорости движения воздуха  $w_{\text{рек}}$ . Обычно расчет начинается с самого удаленного участка расчетного направления. В вертикальных каналах верхнего этажа могут быть приняты скорости движения воздуха 0,5...0,6 м/с и далее для нижерасположенного этажа с увеличением на 0,1 м/с, но не выше 1 м/с (например, в трехэтажном здании для 2-го этажа – 0,6...0,7 м/с, для 1-го – 0,7...0,8 м/с).

$$f_{\text{уч}}^{\text{пр}} = V_{\text{уч}} / (3600 w_{\text{рек}}). \quad (9.2)$$

По полученной величине  $f_{\text{уч}}^{\text{пр}}$  подбирается ближайший по площади стандартный канал, принимается фактическая площадь ( $A \times B = f_{\text{уч}}^{\text{факт}}$ ) и уточняется скорость воздуха на участке  $w_{\text{уч}}$ , м/с

$$w_{\text{уч}} = V_{\text{уч}} / (3600 f_{\text{уч}}^{\text{факт}}). \quad (9.3)$$

4. Рассчитывается эквивалентный по скорости диаметр канала  $d_{\text{э}(w)}$ , мм, в котором при той же скорости воздуха будут такие же потери располагаемого давления на трение по длине, что и в расчетном канале прямоугольного сечения

$$d_{\text{э}(w)} = \frac{2AB}{A+B}, \quad (9.4)$$

где  $A, B$  – размеры прямоугольного канала, мм.

5. По номограмме (см. рис. 9.3) находятся удельные потери давления на трение по длине  $R$ , Па/м, и динамическое давление  $p_{\text{дин}}$ , Па, на участке.

6. Определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений на каждом расчетном участке  $(\sum \zeta)_{\text{уч}}$ , значения которых приведены в табл. 8.2.

7. Вычисляются потери давления на трение по длине и в местных сопротивлениях на участке  $(R/\beta_{\text{ш}} + Z)_{\text{уч}}$ .

8. Суммарные потери давления  $a(Rl\beta_{ш} + Z)_{уч}$  сравниваются с располагаемым гравитационным давлением  $\Delta p_{гр}$ . Если окажется, что  $a(Rl\beta_{ш} + Z)_{уч} \geq \Delta p_{гр}$ , то следует увеличить сечение канала-воздуховода.

Результаты аэродинамического расчета воздуховодов (каналов) заносятся в табл. 9.3.

Таблица 9.2

**Коэффициенты местных сопротивлений некоторых фасонных частей воздуховодов[11]**

Местное сопротивление	Эскиз	Коэффициент местного сопротивления
Вытяжная шахта с зонтом		$\zeta = 1,3$
Жалюзийная решетка		$\zeta = 2$

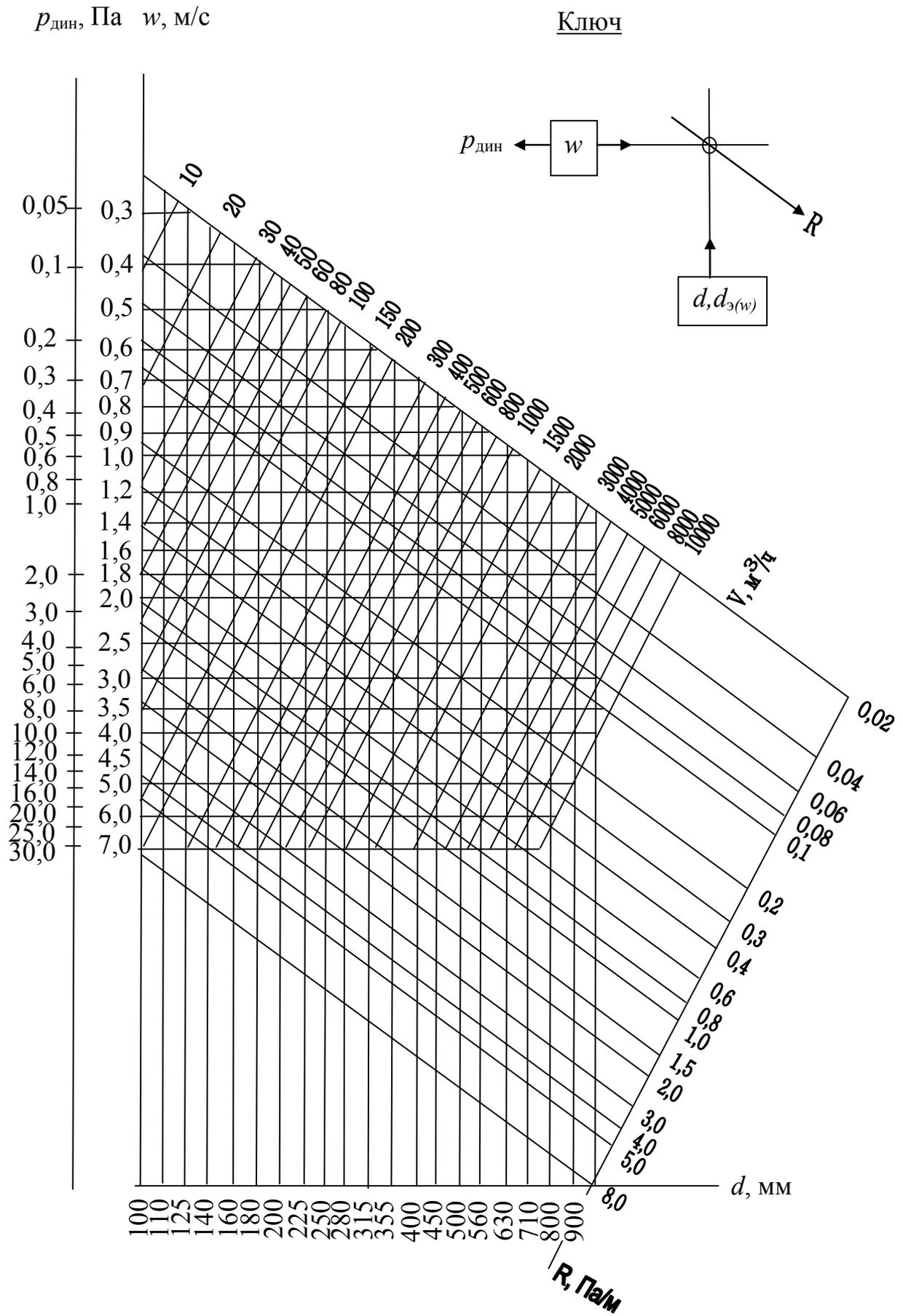


Рис. 9.3 Номограмма для расчета стальных воздуховодов круглого сечения

## Результаты аэродинамического расчета вентиляционных каналов

Номер участка	Расчетный воздухообмен $V$ , м <sup>3</sup> /ч	Вентиляционный канал-воздуховод			Скорость воздуха в канале $w$ , м/с	Длина участка $l$ , м	Коэффициент шероховатости $\beta_{ш}$	Удельные потери давления на трение по длине $R$ , Па/м	Потери давления на трение по длине $R/\beta_{ш}$ , Па	Динамическое давление $p_{дин}$ , Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	Потери давления в местных сопротивлениях $Z$ , Па	Полные потери давления $(R/\beta_{ш} + Z)$ , Па
		Габаритные размеры $A \times B$ , мм	Эквивалентный по скорости диаметр участка $d_{э(в)}$ , мм	Площадь сечения $f$ , м <sup>2</sup>									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													
2													
3													
и т. д.													

## 10. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Расчетно-пояснительная записка выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата 210×297 мм (А4) со свободным полем слева и брошюруется. Записка должна быть изложена по разделам кратко, четкими фразами, со смысловыми абзацами, написана чернилами или напечатана, иметь титульный лист (прил. 2), нумерацию листов, список литературных источников и оглавление по разделам.

Графическая часть работы выполняется в карандаше, в туши или с использованием компьютерных программ на листе формата А1. Лист оформляется в соответствии с требованиями СПДС и должен иметь рамку и помещенную в правом нижнем углу основную надпись. Образец заполнения основной надписи на чертеже приведен на рис. 10.1.



Рис. 10.1. Основная надпись строительных чертежей

Буквенные обозначения, порядок нанесения размеров, шрифты, основная надпись, правила графики и прочее должны соответствовать стандартам ЕСКД и СПДС.

На планах первого этажа, подвала и чердака, выполненных в масштабе 1:100, должны быть показаны [5]:

- 1) ориентация здания по сторонам света;
- 2) координационные оси здания и размеры между ними;
- 3) нумерация помещений;
- 4) строительные конструкции;

- 5) отметки чистых полов этажей;
- 6) отопительные приборы;
- 7) размерные привязки воздухопроводов, основных трубопроводов к координационным осям или элементам конструкций здания;
- 8) обозначения вытяжных систем вентиляции с естественным побуждением (ВЕ1 и т. д.);
- 9) буквенно-цифровые обозначения магистральных трубопроводов (Т1, Т2);
- 10) диаметры (размеры сечения) воздухопроводов и трубопроводов;
- 11) обозначения стояков системы отопления (Ст1 и т. д.). Допускается индексация стояков прописными буквами в пределах обозначения стояка (например: Ст 2А, Ст 2Б).

На планах воздухопроводы, трубопроводы и другие элементы систем изображаются толстой основной линией. Строительные конструкции и технологическое оборудование на планах изображаются упрощенно тонкой линией (рис. 10.2).

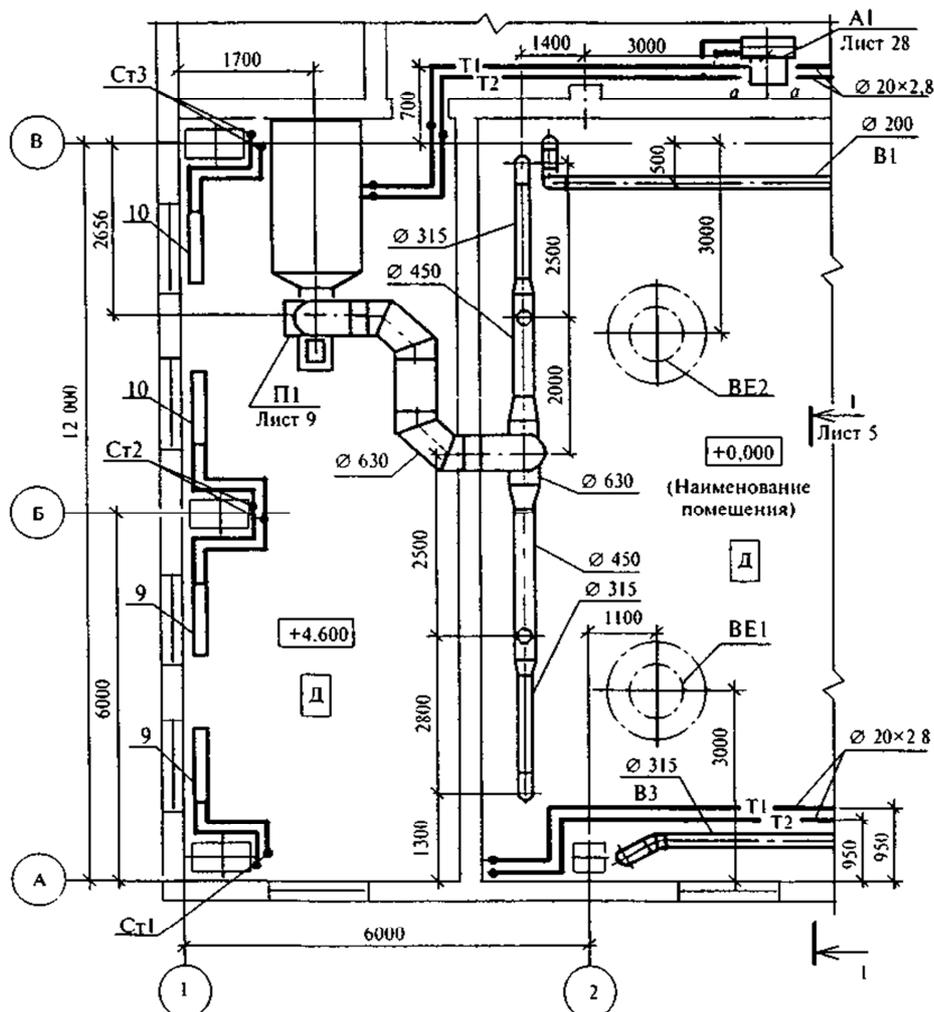


Рис. 10.2. Пример выполнения плана систем отопления и вентиляции

На схеме системы водяного отопления (фронтальная изометрическая проекция без уменьшения профильной проекции), выполняемой в масштабе 1:100 (рис. 10.3), должны быть показаны:

- 1) номера, тепловая нагрузка, длина и диаметр всех расчетных участков основного циркуляционного кольца;
- 2) уклоны и буквенно-цифровые обозначения магистральных трубопроводов;
- 3) запорно-регулирующая арматура;
- 4) устройства для выпуска воздуха и воды на стояках и магистралях;
- 5) номера стояков;
- 6) отопительные приборы основного циркуляционного кольца;
- 7) теплоизоляция магистральных теплопроводов.

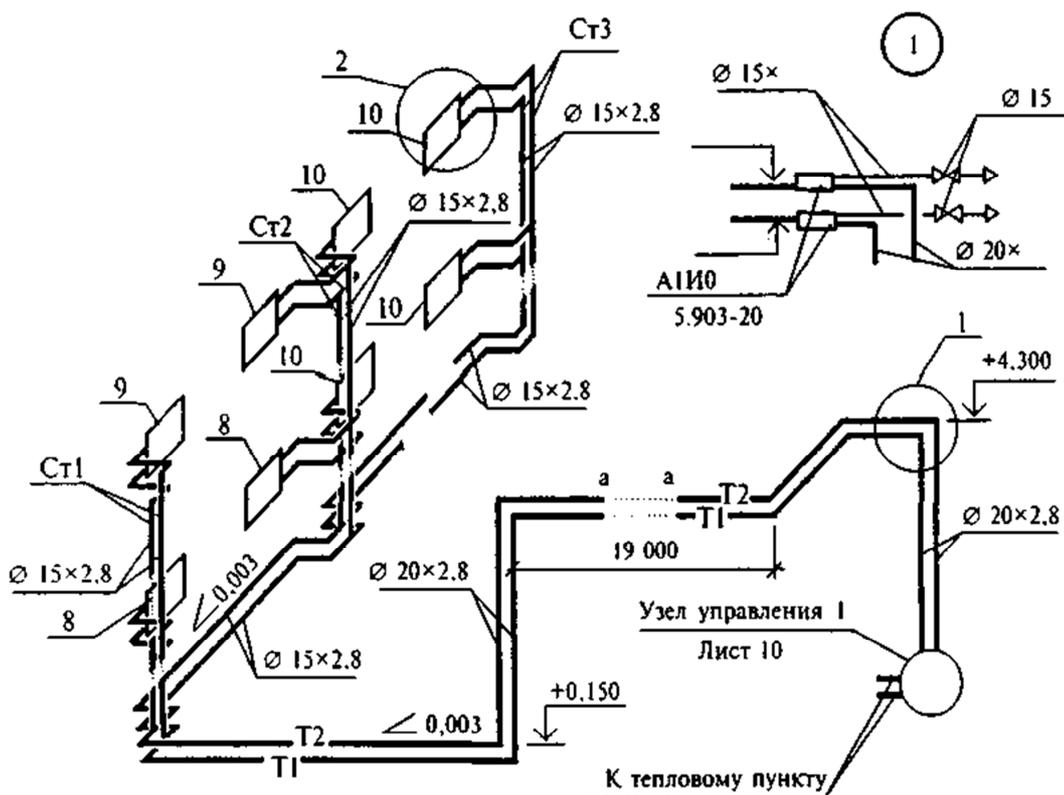


Рис. 10.3. Пример выполнения схемы системы отопления

Трубопроводы и другие элементы системы отопления на схеме изображаются толстой основной линией.

На схеме системы естественной вытяжной вентиляции, выполняемой в масштабе 1 : 100, должны быть показаны:

- 1) номера участков, их нагрузка и длина;
- 2) вытяжные отверстия с указанием напротив них количества удаляемого по каналу воздуха;
- 3) вытяжная шахта с зонтом или дефлектором;
- 4) отметки центров вентиляционных решеток, сборного магистрального воздуховода и устья вентиляционной шахты, м.

При изображении трубопровода на чертеже (схеме) буквенно-цифровые обозначения указываются на полках линий-выносок (рис. 10.4, *а*) или в разрывах линий трубопроводов (рис. 10.4, *б*).

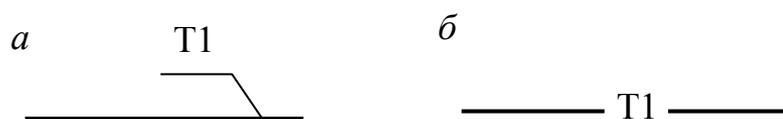


Рис. 10.4. Обозначение трубопровода на чертеже

При указании величины диаметра перед размерным числом следует писать знак « $\emptyset$ ». Диаметр трубопровода или воздуховода наносится на полке линии-выноски (рис. 10.5, *а*). В том случае, когда на полке линии-выноски наносят буквенно-цифровое обозначение трубопровода, его диаметр указывается под полкой линии-выноски (рис. 10.5, *б*).



Рис. 10.5. Указания размера диаметра трубопровода

На планах и схемах перед размерным числом, определяющим величину уклона, наносится знак « $\sphericalangle$ », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона. Величина уклона наносится непосредственно над линией контура (рис. 10.6, *а*) или на полке линии-выноски (рис. 10.6, *б*).



Рис. 10.6. Нанесение величины уклона

Трубопроводы, выполненные условными графическими обозначениями (в одну линию) и расположенные друг над другом в одной плоскости, на планах чертежей систем условно изображаются параллельными линиями (рис. 10.7).

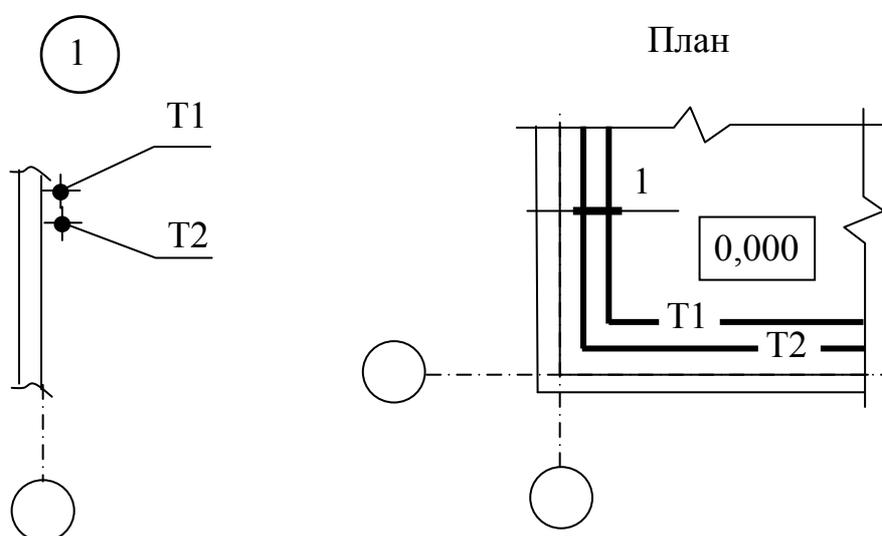


Рис. 10.7. Изображение трубопроводов, расположенных друг над другом в одной плоскости

При большой протяженности и (или) сложном расположении воздухопроводов и трубопроводов допускается изображать их с разрывом в виде пунктирной линии. Места разрывов воздухопроводов и трубопроводов обозначаются строчными буквами (рис. 10.8). При этом на горизонтальных участках обязательно указывается фактическое расстояние между фиксированными точками.

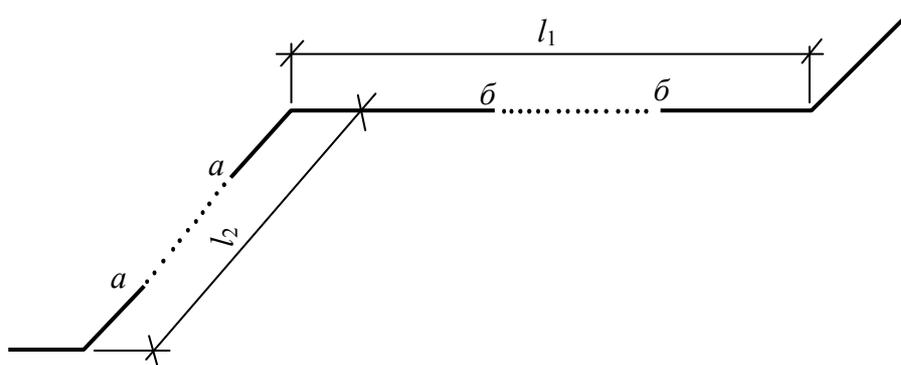


Рис. 10.8. Изображение разрывов воздуховодов и трубопроводов

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *СП 50.13330.2012*. Тепловая защита зданий. Актуализированная версия СНиП 23-02–2003. – М., 2012. – 95 с.
2. *СП 60.13330.2012*. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01–2003. – М., 2012. – 75 с.
3. *СП 131.13330.2012*. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01–99\*. – М., 2012. – 113 с.
4. *СП 41-101-95*. Проектирование тепловых пунктов. – М.: ОАО «ЦПП». 1997. – 84 с.
5. *ГОСТ 21.602–2003*. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: МНТКС, 2004. – 35 с.
6. *ГОСТ 30494–2011*. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. *СТО 00044807-001–2006*. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. – М.: РОИС, 2006. – 64 с.
8. *Апарцев М. М.* Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справочно-метод. пособие / *М. М. Апарцев*. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 204 с.
9. *Внутренние санитарно-технические устройства*: В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканапи и др.; под ред. И. Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
10. *Внутренние санитарно-технические устройства*: В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1/ В. Н. Богословский, А. И. Пирумов, В. Н. Посохин и др.; под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 319 с.: ил. – (Справочник проектировщика).
11. *Внутренние санитарно-технические устройства*: В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2/ Б. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов и др.; под ред. Н. Н. Павлова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд.,

перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1992. – 416 с.: ил. – (Справочник проектировщика).

12. *Зайцев О. Н.* Проектирование систем водяного отопления: Пособие для проектировщиков, инженеров и студентов технических ВУЗов / О. Н. Зайцев, А. П. Любарец. Вена – Киев – Одесса, 2008 – 200 с.

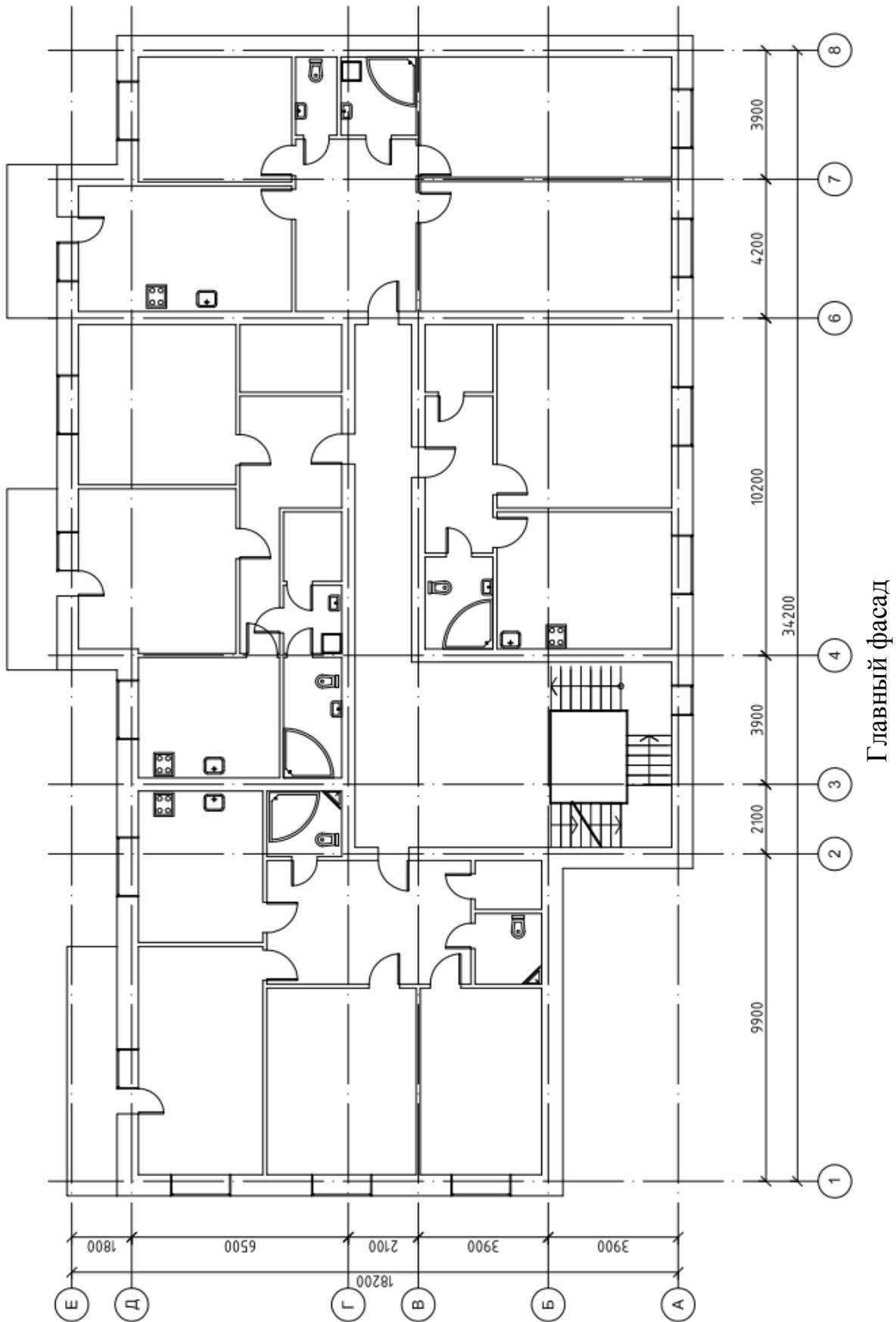
13. *Тихомиров К. В.* Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов / К. В. Тихомиров, Э. С. Сергиенко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.

14. *Сборник* технических решений. Стандартные блочные тепловые пункты. [Электронный ресурс]. URL: <http://heating.danfoss.ru/workarea/downloadasset.aspx?id=17179964680> (дата обращения: 19.06.2017).

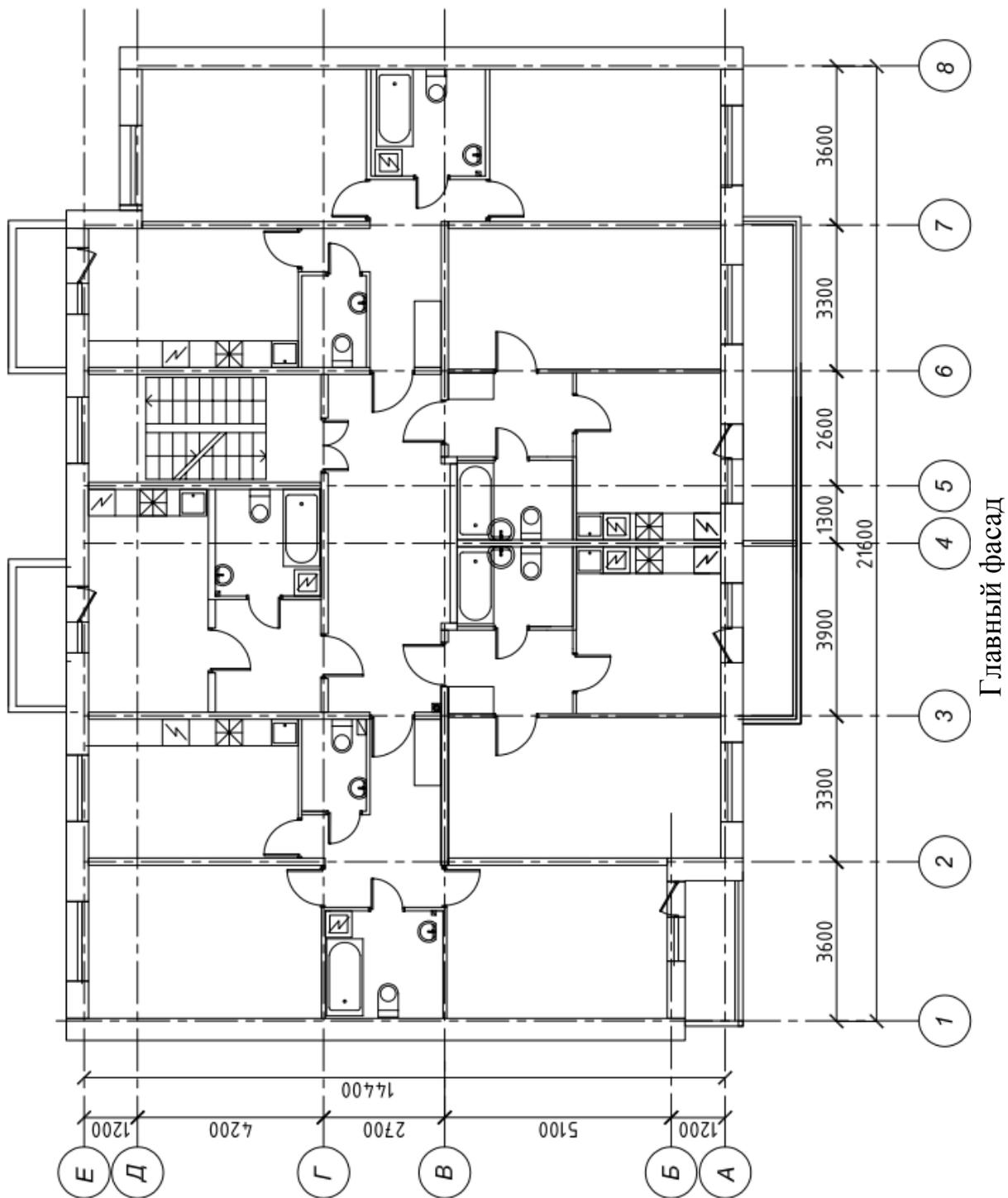
15. *Краткий альбом* стандартных модулей СиТерМ. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.cinto.ru/files/download/Album\\_modules\\_SiTerM\\_2011.pdf](http://www.cinto.ru/files/download/Album_modules_SiTerM_2011.pdf) (дата обращения: 19.06.2017).

# ПРИЛОЖЕНИЯ

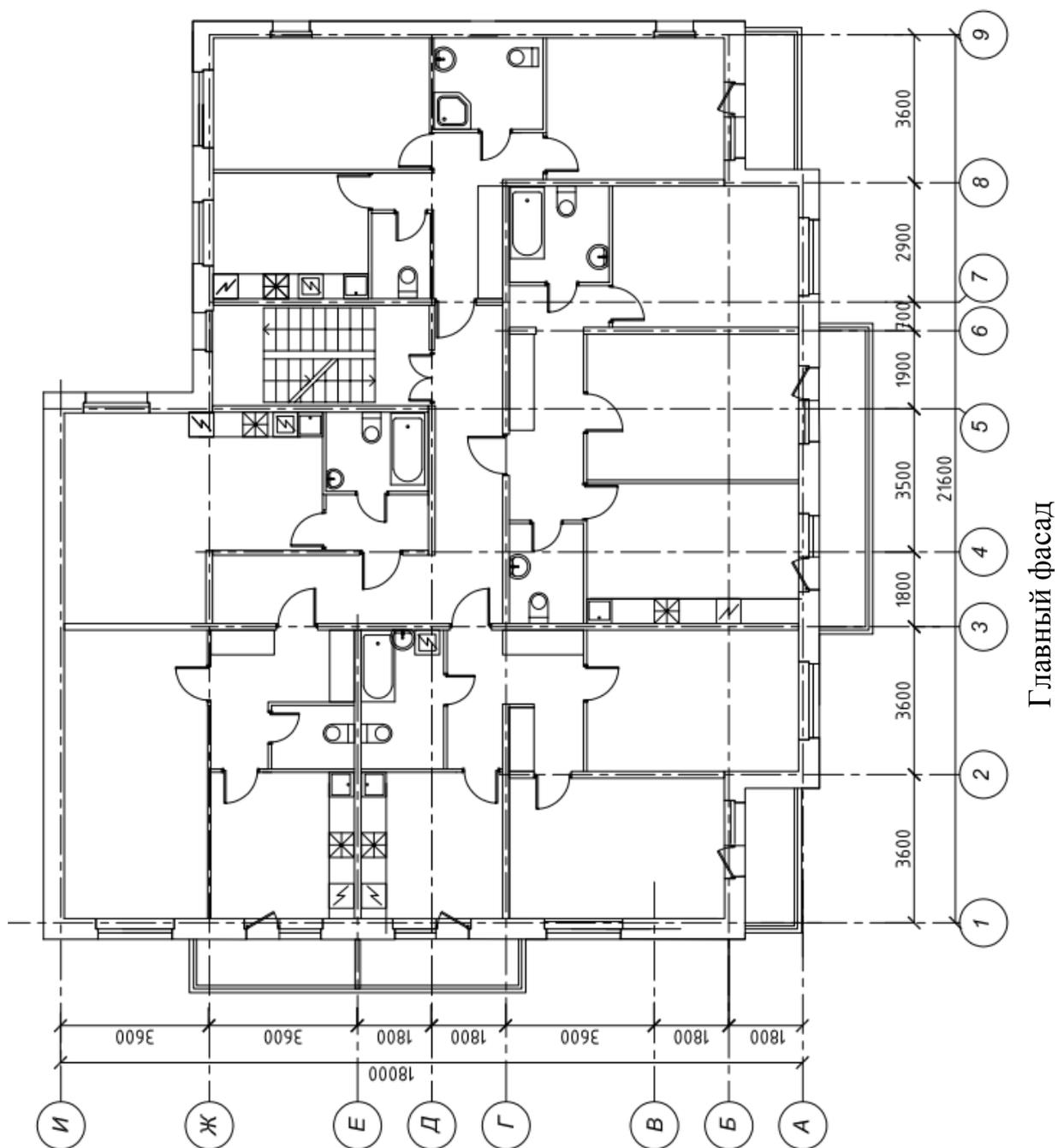
Приложение 1



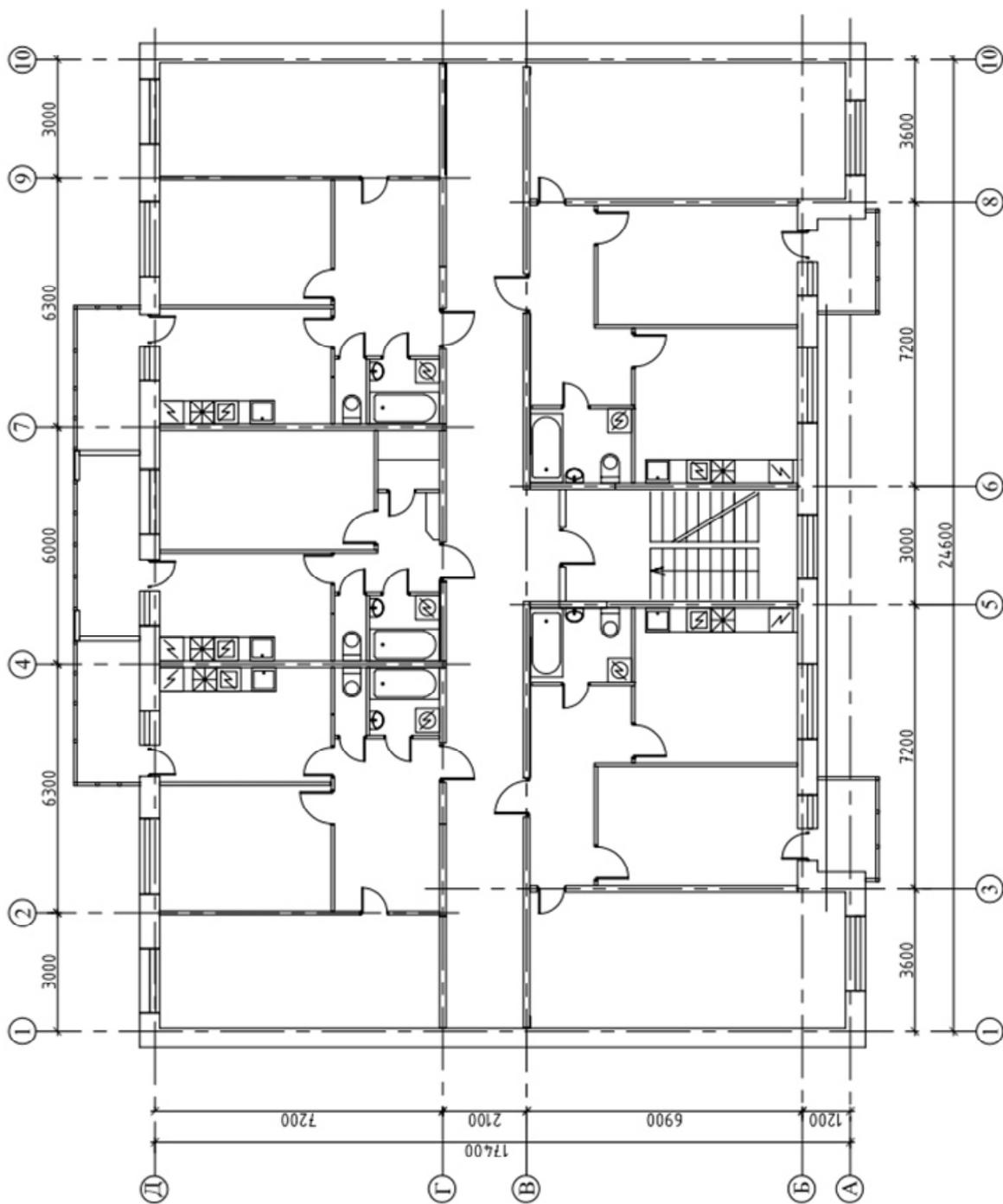
Вариант 1



Вариант 2

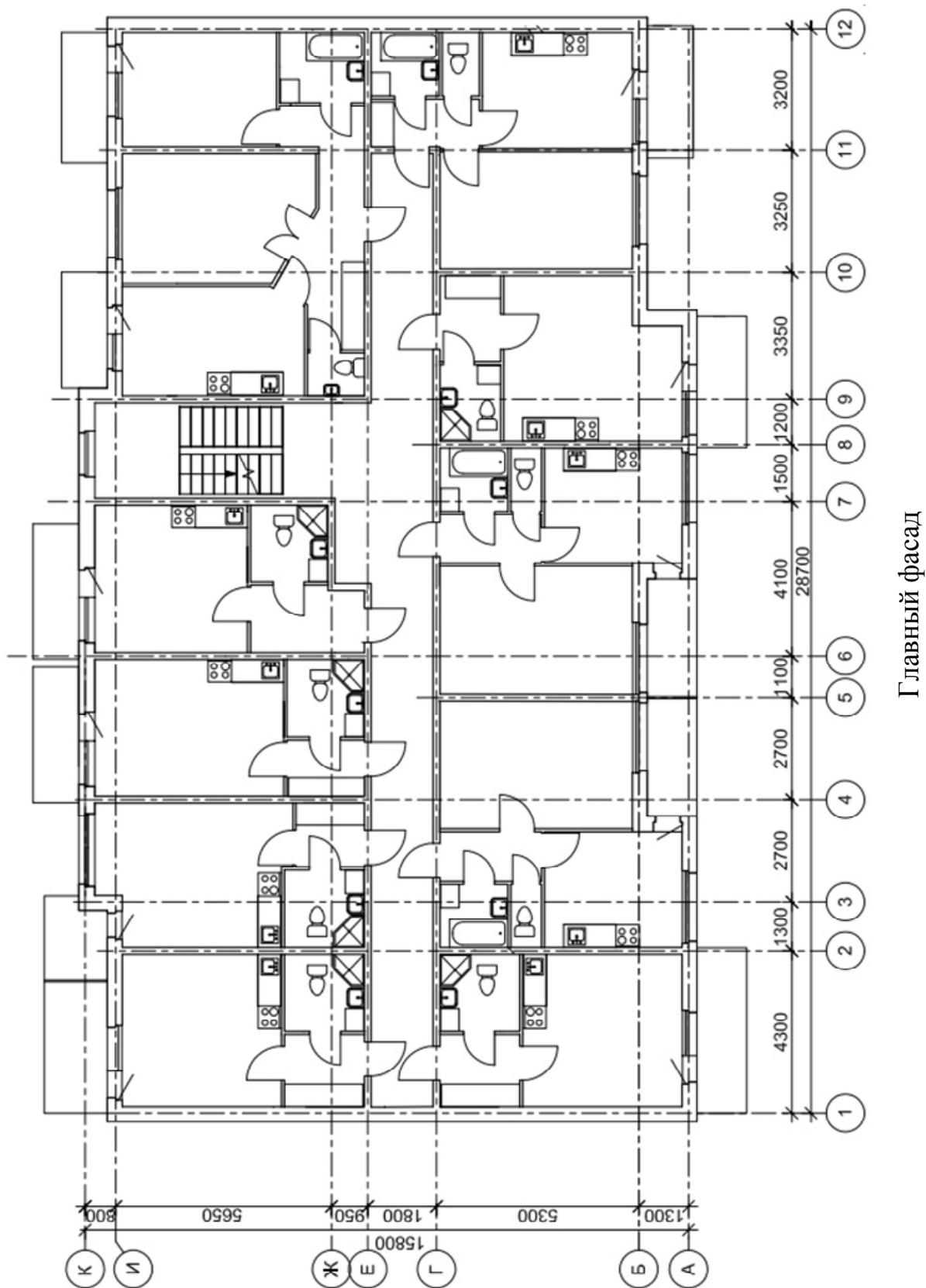


Вариант 3

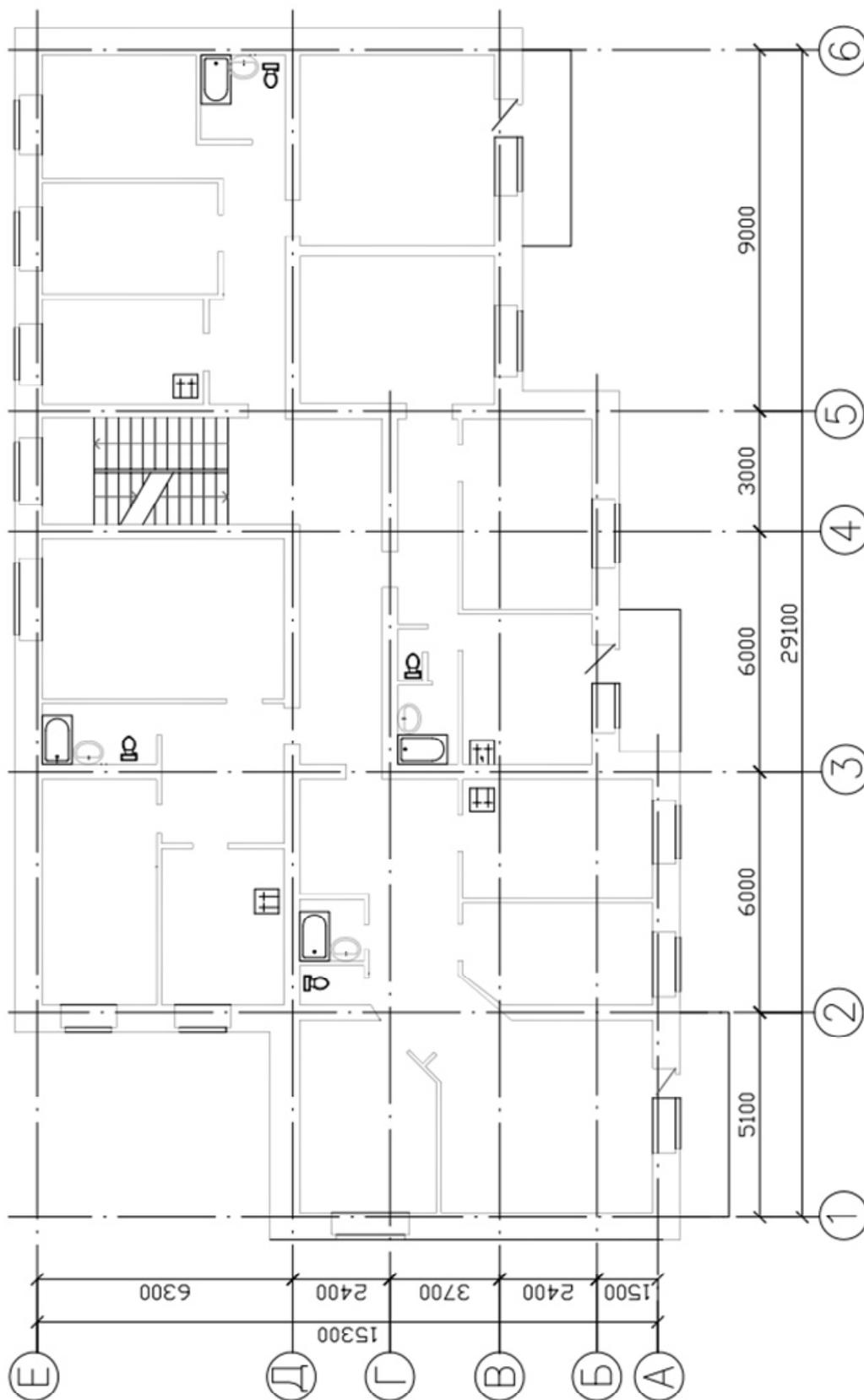


Главный фасад

Вариант 4

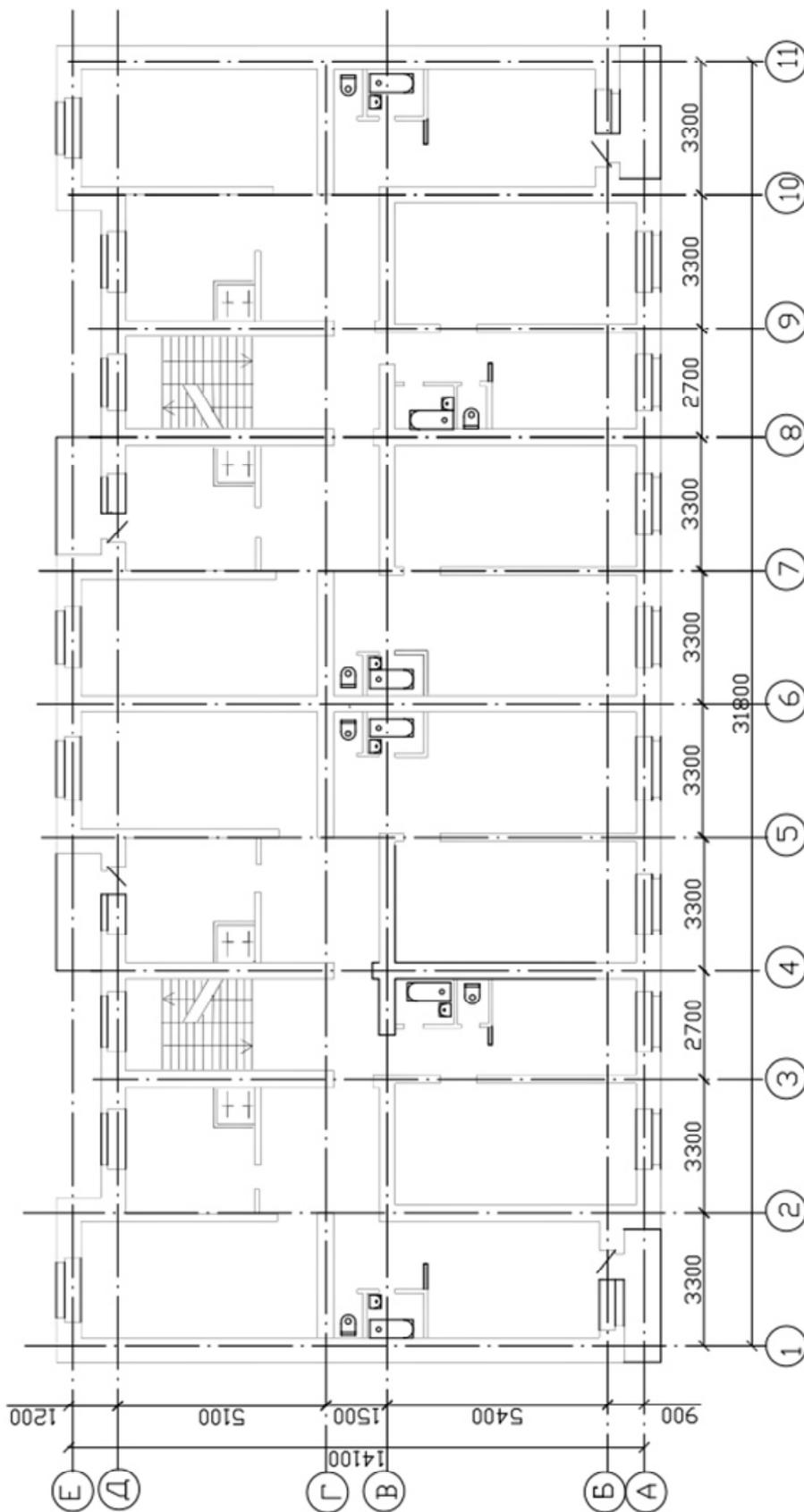


Вариант 5



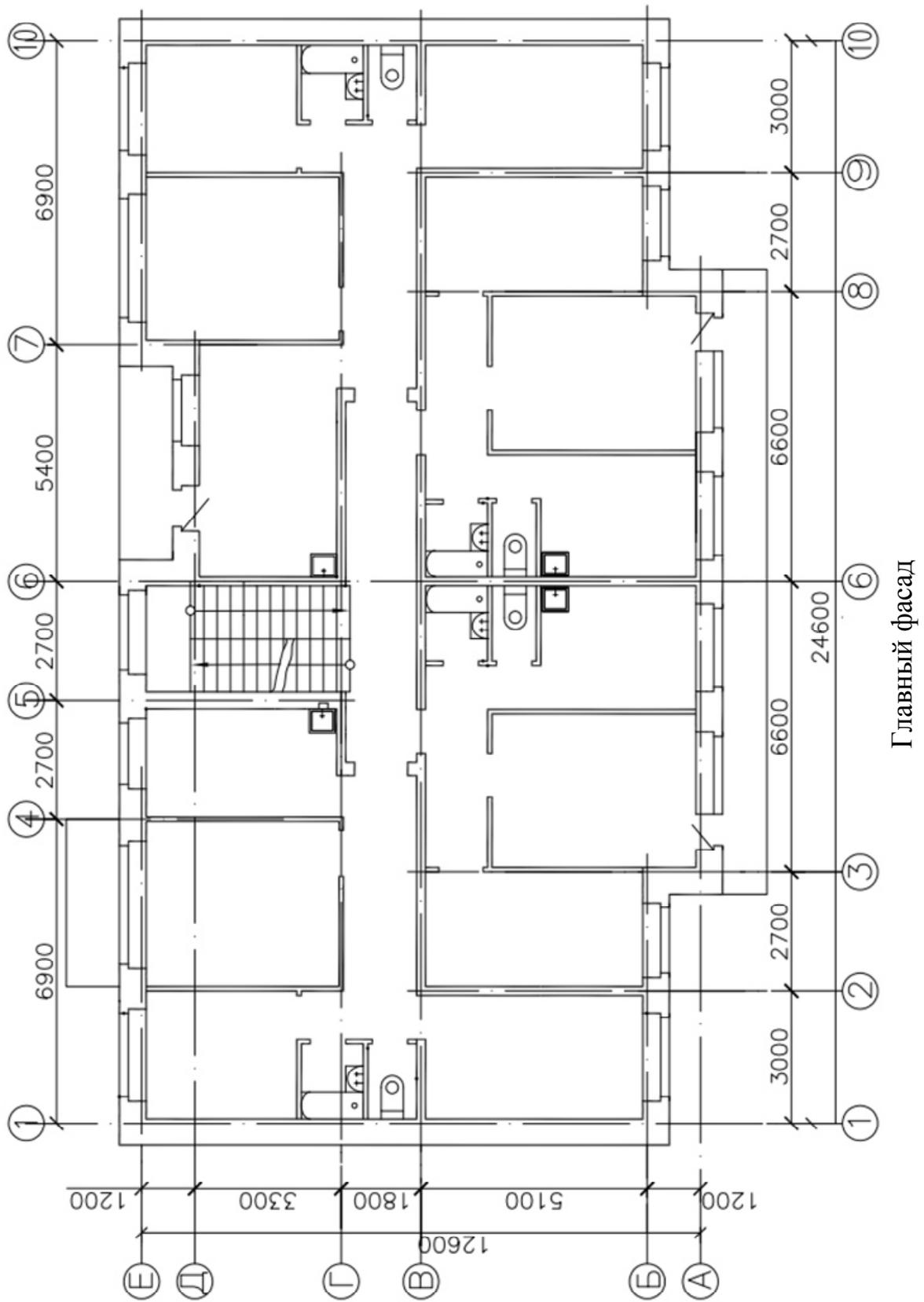
Главный фасад

Вариант 6

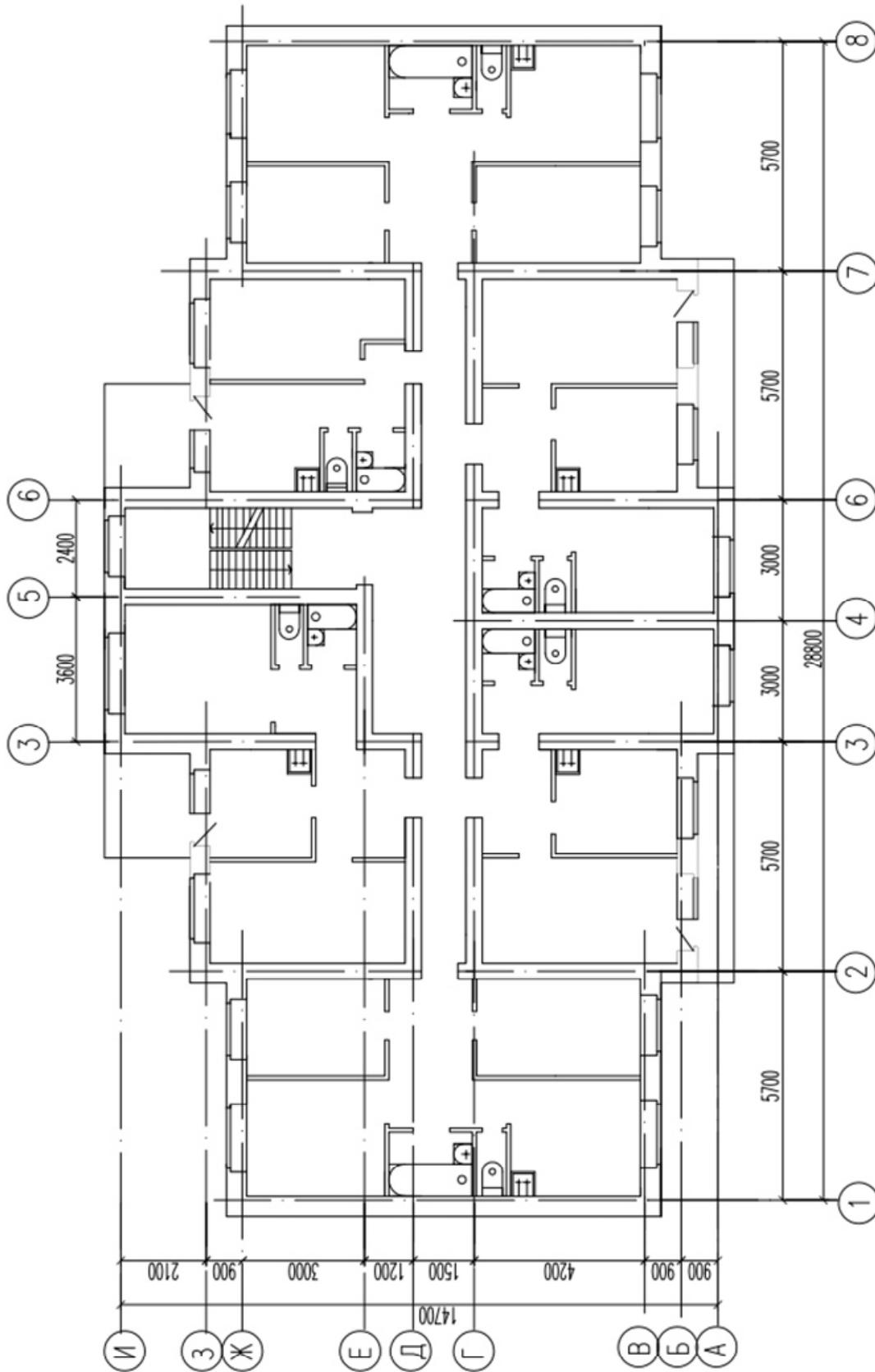


Главный фасад

Вариант 7

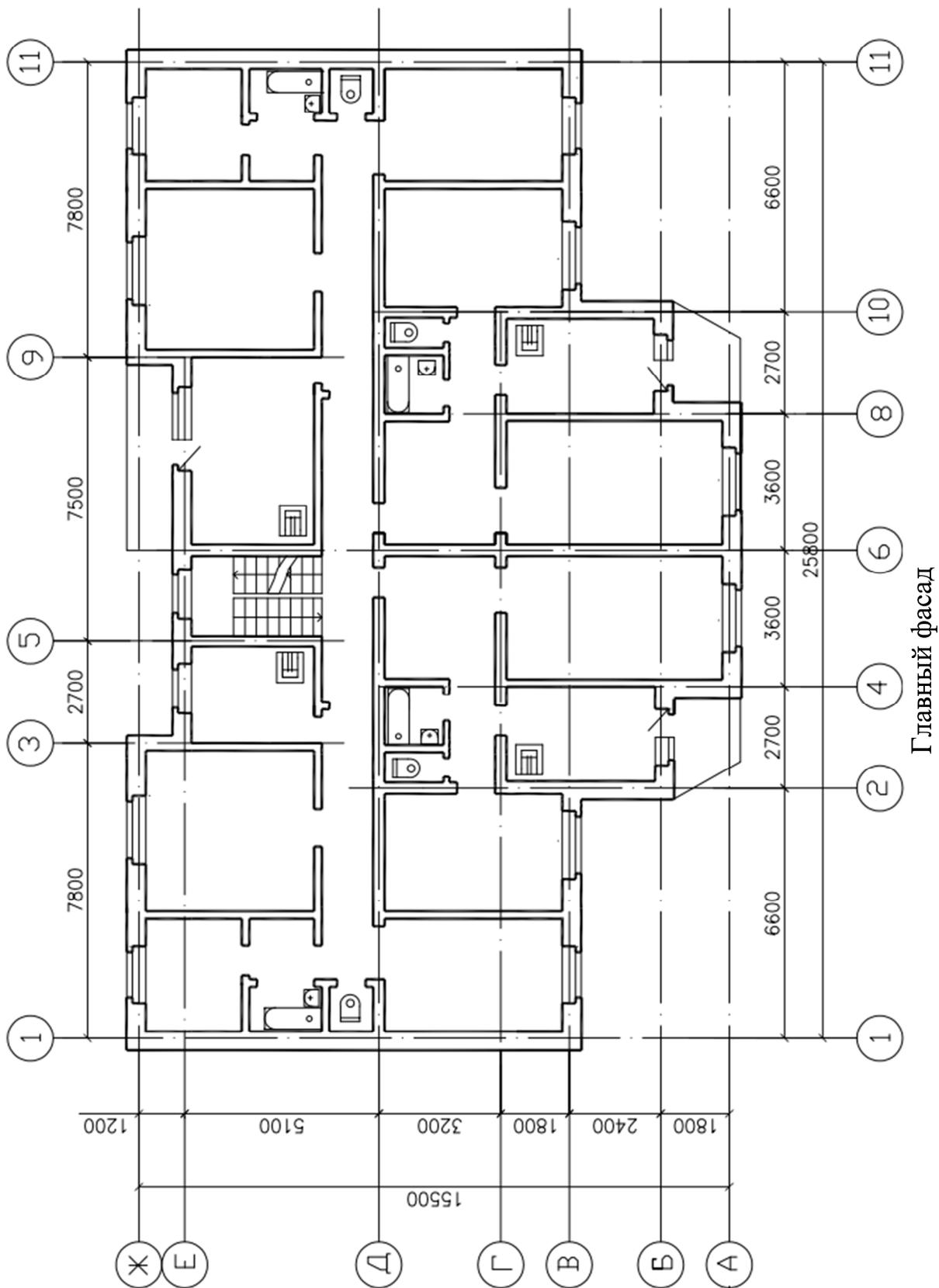


Вариант 8



Главный фасад

Вариант 9



Вариант 10

**Форма титульного листа пояснительной записки**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции**

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

**ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

Работу выполнил(а) \_\_\_\_\_  
(ФИО)

Студент(ка) группы \_\_\_\_\_

Номер зачетной книжки \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Руководитель работы \_\_\_\_\_  
(ФИО)

Проект защищен с оценкой \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Дата и подпись преподавателя)

Санкт-Петербург

20\_\_ г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Состав курсового проекта .....	3
1. Исходные данные.....	4
2. Проектирование тепловой защиты здания .....	10
3. Расчет тепловых потерь здания.....	20
4. Конструирование поквартирной системы отопления .....	26
5. Расчет отопительных приборов.....	38
6. Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления.....	45
7. Подбор оборудования индивидуального теплового пункта.....	54
8. Характеристика и конструирование системы вентиляции.....	67
9. Определение расчетного воздухообмена и аэродинамический расчет воздухопроводов.....	71
10. Оформление курсовой работы.....	77
Рекомендуемая литература.....	82
Приложения.....	84

Учебное издание

**Васильев Владимир Филиппович,  
Суханова Инна Ивановна,  
Иванова Юлия Витальевна,  
Уляшева Вера Михайловна,  
Пухкал Виктор Алексеевич**

## **ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

Учебное пособие

Редактор  
Корректор  
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати .2017. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. . Тираж 100 экз. Заказ . «С» .

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, ул. Егорова, д. 5/8, лит. А.