

**Министерство образования и науки
Российской Федерации**

**Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет**

В. Ф. ВАСИЛЬЕВ, Ю. В. ИВАНОВА, И. И. СУХАНОВА

**ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ
ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2010**

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, Ю. В. Иванова, И. И. Суханова; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 72 с.

ISBN 978-5-9227-0171-6

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

Предназначено для студентов специальностей 270105 – городское строительство и хозяйство, 270102 – промышленное и гражданское строительство, 270106 – производство строительных материалов, изделий и конструкций, 270114 – проектирование зданий, 270115 – экспертиза и управление недвижимостью и направления подготовки 270100 – строительство (бакалавр).

Рекомендуется специалистам, получающим второе высшее образование; для профессиональной переподготовки и повышения квалификации специалистов, занимающихся проектированием, расчетом и эксплуатацией систем отопления и вентиляции жилых зданий.

Табл. 29. Ил. 33. Библиогр.: 12 назв.

ISBN 978-5-9227-0171-6

© В. Ф. Васильев, Ю. В. Иванова,
И. И. Суханова, 2010
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2010

Введение

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

Системы отопления и вентиляции относятся к инженерным сетям зданий и являются системами, обеспечивающими благоприятный климат в помещениях. Без них постоянное пребывание людей в жилых зданиях невозможно.

В учебном пособии приводятся методики теплотехнического расчета, расчета тепловых потерь помещениями зданий, характеристики основных систем централизованного отопления и рекомендации по их конструированию и гидравлическому расчету; излагаются характеристики, методики подбора и расчета современных отопительных приборов. Также даются рекомендации по проектированию системы вытяжной естественной канальной вентиляции, а также методика ее расчета и подбора основного оборудования (вентиляционных решеток, воздуховодов и пр.).

Приведенные примеры конструирования и расчетов позволяют в конкретных ситуациях грамотно выполнить расчет и подбор оборудования для систем отопления и вентиляции.

СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа 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.

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

3. Расчет тепловых потерь и определение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания.
4. Характеристику и конструирование системы отопления.
5. Расчет отопительных приборов.
6. Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления.
7. Подбор водоструйного элеватора.
8. Характеристику и конструирование системы вентиляции.
9. Определение расчетного воздухообмена и аэродинамический расчет воздухопроводов.

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

Графическая часть работы 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).

По последней цифре шифра принимаются: план первого этажа здания и его этажность, высота этажа и подвала, толщина междуэтажных перекрытий, характеристика системы отопления и вариант разводки магистральных трубопроводов, величина располагаемого давления на входе в систему отопления и ориентация главного фасада здания (табл. 2); варианты конструкций наружных ограждений (табл. 3); характеристики строительных материалов наружных стен, перекрытий и теплоизоляционных слоев наружных ограждений, а также остальных слоев ограждений (табл. 4).

Номер задания	Город и влажностные условия эксплуатации ограждений зданий (А, Б) (по СНиП II-3-79*)		Расчетная температура наружного воздуха (по СНиП 23-01-99) $t_{ext}, ^\circ\text{C}$	Продолжительность и средняя температура воздуха отопительного периода, (по СНиП 23-01-99)		
				$z_{ht}, \text{сут}$	$t_{ht}, ^\circ\text{C}$	
1	2	3		4	5	6
01	51	Арзамас	Б	-32	216	-4,7
02	52	Архангельск	Б	-31	253	-4,4
03	53	Астрахань	А	-23	167	-1,2
04	54	Барнаул	А	-39	221	-7,7
05	55	Белгород	А	-23	191	-1,9
06	56	Белорецк	А	-34	231	-6,5
07	57	Благовещенск	Б	-34	218	-10,6
08	58	Братск	А	-43	249	-8,6
09	59	Брянск	А	-26	205	-2,3
10	60	Владивосток	Б	-24	196	-3,9
11	61	Владимир	Б	-28	213	-3,5
12	62	Вологда	А	-32	231	-4,1
13	63	Волгоград	А	-25	177	-2,4
14	64	Воронеж	А	-26	196	-3,1
15	65	Иркутск	А	-36	240	-8,5
16	66	Казань	Б	-32	215	-5,2
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	-34	237	-5,3
22	72	Краснодар	Б	-19	149	2,0
23	73	Курск	Б	-26	198	-2,4
24	74	Москва	Б	-28	214	-3,1
25	75	Мурманск	Б	-27	275	-3,2
26	76	Нальчик	А	-18	168	-0,6
27	77	Великий Новгород	Б	-27	221	-2,3
28	78	Новосибирск	А	-39	229	-8,9
29	79	Омск	А	-37	221	-8,4
30	80	Оренбург	А	-31	202	-6,3

1	2	3		4	5	6
31	81	Пенза	А	-29	207	-4,5
32	82	Пермь	Б	-35	229	-5,9
33	83	Псков	Б	-26	212	-1,6
34	84	Рязань	Б	-27	208	-3,5
35	85	Салехард	Б	-42	292	-11,4
36	86	Санкт-Петербург	Б	-26	220	-1,8
37	87	Саранск	А	-30	209	-4,5
38	88	Саратов	А	-27	196	-4,3
39	89	Тайшет	А	-40	240	-8,3
40	90	Тамбов	А	-28	201	-3,7
41	91	Тихорецк	Б	-22	158	1,1
42	92	Томск	Б	-40	236	-8,4
43	93	Тюмень	А	-38	225	-7,2
44	94	Улан-Удэ	А	-37	237	-10,4
45	95	Уфа	А	-35	213	-5,9
46	96	Чебоксары	Б	-32	217	-4,9
47	97	Челябинск	А	-34	218	-6,5
48	98	Чита	А	-38	242	-11,4
49	99	Элиста	А	-23	173	-1,2
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 – 150 мм; межэтажных перекрытий в здании с кирпичными стенами – 300 мм, с бетонными – 150 мм.

Таблица 2

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

Параметр	Номер задания									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант плана 1-го этажа (см. прил. 1)	1		2		3		4		5	
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

Параметр	Номер задания									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высота подвала (от пола подвала до пола 1-го этажа), м	1,9		2,6		2,0		2,2		2,4	
Величина располагаемого давления на входе в систему отопления, Па	7000		6000		9000		6000		8000	
Характеристика системы отопления: 1 тр – однотрубная 2 тр – двухтрубная НР – с нижней разводкой ВР – с верхней разводкой Т – тупиковая ПД – с попутным движением теплоносителя	1 тр		1 тр		2 тр		2 тр		1 тр	
	ВР	НР	НР	ВР	ВР	НР	НР	ВР	ВР	НР
	Т	ПД	ПД	Т	ПД	Т	ПД	Т	Т	ПД
Ориентация главного фасада	СВ		ЮВ		СЗ		ЮЗ		В	

Таблица 3

Варианты конструкций наружных ограждений

Вариант конструкции ограждения	Номер задания									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наружной стены (рис. 1–3)	1	2	3	2	2	3	2	2	3	1
Чердачного перекрытия (рис. 4–5)	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1
Перекрытия над неотапливаемым подвалом (рис. 6–7)	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1

Таблица 4

Характеристики строительных материалов [7]

Номер задания	Наименование материала	Плотность в сухом состоянии ρ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности при условиях эксплуатации А или Б λ , Вт/(м·°С)	
			А	Б
			1	2
Основной конструктивный слой наружной стены				
1	Плотный силикатный бетон	1800	0,99	1,16
2	Кирпич керамический пустотелый	1200	0,33	0,42
3	Пемзобетон	1600	0,62	0,68
4	Керамзитобетон на кварцевом песке	1200	0,52	0,58
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
Теплоизоляционный слой наружной стены				
1, 2	Пенополиуретан	75	0,03	0,03
3, 4	Пенополистирол	100	0,041	0,052
5, 6	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 1880)	75	0,06	0,064
7, 8	ROCKWOOL (плиты)	100	0,045	0,045
9, 0	Минераловатные плиты полужесткие П-125	90	0,042	0,045

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5
Теплоизоляционный слой чердачного перекрытия				
1, 2	ROCKWOOL (маты)	50	0,047	0,047
3, 4	Пенополиуретан (напыляемый)	45–70	0,028	0,028
5, 6	Базальтовая изоляция «Термолайт» (плиты мягкие)	40	0,038	0,044
7, 8	Стекловолоконное штапельное волокно «Флайдер-Чудово» (плита П-45)	45	0,045	0,045
9, 0	Маты минераловатные прошивные	50	0,052	0,06
Теплоизоляционный слой перекрытия над подвалом				
1, 2	Пенополистирол	40	0,041	0,05
3, 4	Пенополистирол «Пеноплекс»	43	0,031	0,032
5, 6	Пенопласт (плиты, ГОСТ 20916)	40	0,041	0,06
7, 8	Пенопласт (плиты, ГОСТ 20916)	50	0,05	0,064
9, 0	Пенополиуретан	45–70	0,028	0,028
Облицовочный слой наружной стены				
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
Пароизоляция				
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

1	2	3	4	5
Покрyтия для полов				
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-волоконистые и древесностружечные (ГОСТ 4598, 10632)	1000	0,23	0,29
		800	0,19	0,23
		600	0,13	0,16
Остальные слои наружных ограждений				
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 раствор	1400	0,52	0,62
		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. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Теплотехнический расчет наружных ограждений производится в соответствии с положениями СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» 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.

Нормами установлены следующие показатели тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 , (м² · °С)/Вт;

б) санитарно-гигиенический показатель, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций Δt_0 , °С, и температуру на внутренней поверхности наружного ограждения выше точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания.

Последовательность теплотехнического расчета ограждения такова:

1. По номеру задания (см. рис. 1–7, табл. 3 и 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 которых состоят ограждающие конструкции, толщины слоев δ , м; плотность ρ , кг/м³; коэффициент теплопроводности в зависимости от условий эксплуатации А или Б, λ , Вт/(м · °С).

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

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}})z_{\text{ht}}, \quad (1)$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая для жилых зданий по минимальному значению оптимальной температуры (по ГОСТ 30494–96 принять равной 20 °С при расчетной температуре наружного воздуха t_{ext} до –31 °С и 21 °С при $t_{\text{ext}} = -31$ °С и ниже); t_{ht} , z_{ht} – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемые по табл. 1.

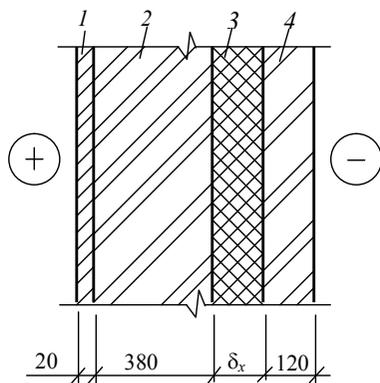


Рис. 1. Вариант 1-й конструкции наружной стены:

1 – внутренняя штукатурка;
2 – основной конструктивный слой (кирпичная кладка); 3 – теплоизоляционный слой; 4 – облицовочный кирпич

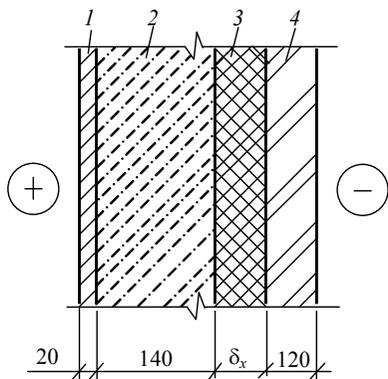


Рис. 2. Вариант 2-й конструкции наружной стены:

1 – внутренняя штукатурка;
2 – основной конструктивный слой (бетон); 3 – теплоизоляционный слой; 4 – облицовочный кирпич

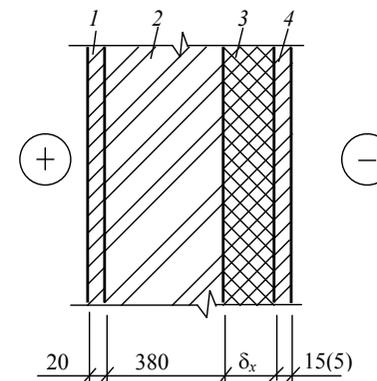


Рис. 3. Вариант 3-й конструкции наружной стены:

1 – внутренняя штукатурка;
2 – основной конструктивный слой (кирпичная кладка); 3 – теплоизоляционный слой; 4 – наружный отделочный слой (наружная штукатурка, толщиной 15 мм, или смальта, толщиной 5 мм)

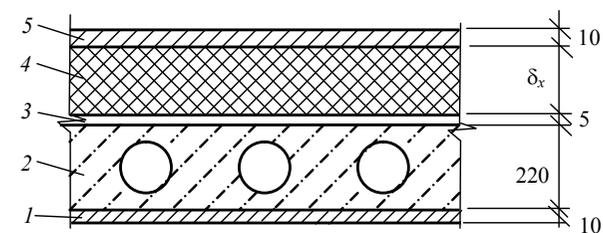


Рис. 4. Вариант 1-й конструкции чердачного перекрытия:
1 – известково-песчаная штукатурка; 2 – железобетонная плита;
3 – пароизоляция; 4 – теплоизоляционный слой;
5 – цементная стяжка

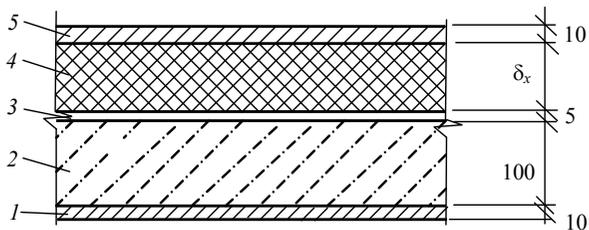


Рис. 5. Вариант 2-й конструкции чердачного перекрытия:
1 – известково-песчаная штукатурка; 2 – железобетонная плита;
3 – пароизоляция; 4 – теплоизоляционный слой; 5 – цементная стяжка

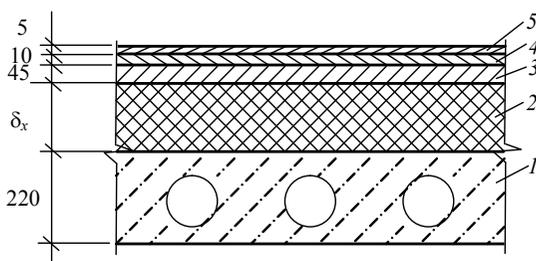


Рис. 6. Вариант 1-й конструкции перекрытия над неотапливаемым подвалом:
1 – железобетонная плита; 2 – теплоизоляционный слой;
3 – цементная стяжка; 4 – древесно-стружечная плита;
5 – линолеум на теплоизоляционной основе

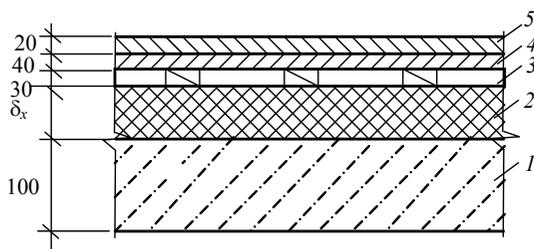


Рис. 7. Вариант 2-й конструкции перекрытия над неотапливаемым подвалом:
1 – железобетонная плита; 2 – теплоизоляционный слой;
3 – воздушная прослойка; 4 – доски; 5 – паркет (дуб поперек волокон)

3. Определяются нормируемые значения приведенных сопротивлений теплопередаче R_{req} ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт, ограждающих конструкций в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода района местоположения здания по табл. 5.

Значения R_{req} для величин D_d , отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_{req} = a \cdot D_d + b, \quad (2)$$

где D_d – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ C \cdot сут$, для конкретного населенного пункта; a и b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл. 5, за исключением графы 6, где для интервала до $6000 \text{ } ^\circ C \cdot сут$ $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала $6000-8000 \text{ } ^\circ C \cdot сут$ $a = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала $8000 \text{ } ^\circ C \cdot сут$ и более $a = 0,000025$, $b = 0,5$.

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия и перекрытия над неотапливаемым подвалом, отделяющих помещения здания от пространств с температурой воздуха t_c ($t_{ext} < t_c < t_{int}$), следует умножать на коэффициент n , учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху и определяемый по табл. 6.

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

4. Для наружных стен и перекрытий толщина теплоизоляционного слоя ограждения δ_x рассчитывается из условия, что величина фактического приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции R_0 должна быть не менее нормируемого значения R_{req} , вычисленного по формуле (2):

$$R_0 \geq R_{req}. \quad (3)$$

Раскрывая значение R_0 , получим:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_1 + R_2 + \dots + R_x + \dots + R_n + R_{в.п} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_x}{\lambda_x} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + R_{в.п} + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (4)$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по СНиП 23-02–2003 и равный для стен, полов, гладких потолков $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; R_1, R_2, \dots, R_n – сопротивления теплопередаче отдельных слоев ограждения, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; R_x – сопротивление теплопередаче теплоизоляционного слоя в ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; $R_{в.п}$ – сопротивление теплопередаче замкнутой воздушной прослойки, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, принимаемое по табл. 9; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_x, \dots, \delta_n$ – толщины отдельных слоев конструкции ограждения, м; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_x, \dots, \lambda_n$ – коэффициенты теплопроводности материалов, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, принимаемые по табл. 4 в зависимости от влажностных условий эксплуатации ограждения А или Б; α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по табл. 8.

Таблица 5

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [4]

Здания и помещения, коэффициенты <i>a</i> и <i>b</i>	Градусо-сутки отопительного периода D_d , °C · сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций R_{req} , $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$			
		Стен	Покрытый и перекрытый над проездами	Перекрытый 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
	10 000	4,9	7,2	6,4	0,75
	12 000	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).

Коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху [4]

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

Решая совместно уравнения (3) и (4), определяем минимальное значение толщины теплоизоляционного слоя δ_x :

$$\delta_x = \lambda_x \left(R_{red} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \dots - \frac{\delta_n}{\lambda_n} - R_{в.п} - \frac{1}{\alpha_{ext}} \right). \quad (5)$$

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

5. Определяется фактическое сопротивление теплопередаче рассчитываемых ограждающих конструкций $R_0^{факт}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, с учетом принятой толщины теплоизоляционного слоя $\delta_x^{факт}$, м:

$$R_0^{факт} = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_1 + R_2 + \dots + R_x + \dots + R_n + R_{в.п} + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (6)$$

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

6. Определяется температурный перепад Δt_0 , °C, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности рассчитываемых ограждающих конструкций по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0^{\text{факт}} \alpha_{\text{int}}}, \quad (7)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, приведенный в табл. 6; t_{int} – то же, что и в формуле (1); t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °C, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, принимается по табл. 1; α_{int} – то же, что и в формуле (4).

Полученные значения не должны превышать нормируемых величин Δt_n , °C, представленных в табл. 7.

Таблица 7

Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4]

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °C		
	Наружные стены	Покрытия и чердачные перекрытия	Перекрытия над проездами, подвалами и подпольями
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0

7. Вычисляется коэффициент теплопередачи рассчитываемых ограждающих конструкций $k_{\text{огр}}$, Вт/(м² · °C), по формуле

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

8. Для наружных дверей вне зависимости от их конструкции приведенное сопротивление теплопередаче $R_{\text{н.д}}$, м² · °C/Вт, и общий коэффициент теплопередачи $k_{\text{н.д}}$, Вт/(м² · °C), определяется из условий:

$$R_{\text{н.д}} = \frac{0,6(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})n_{\text{н.с}}}{\Delta t_{n(\text{н.с})} \alpha_{\text{int}}} \quad (9)$$

$$k_{\text{н.д}} = \frac{1,67 \Delta t_{n(\text{н.с})} \alpha_{\text{int}}}{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})n_{(\text{н.с})}}. \quad (10)$$

9. Для окон и светопрозрачной части балконных дверей приведенное сопротивление теплопередаче определяется по нормируемому значению из табл. 5 с учетом пояснений по численным величинам коэффициентов a и b к формуле (2). Затем по табл. 10 выбирается конструкция заполнения оконного проема и балконных дверей таким образом, чтобы ее сопротивление теплопередаче было больше полученного.

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

$$\delta_{\text{огр}} = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n + \delta_{\text{в.п.}} \quad (11)$$

11. По результатам теплотехнического расчета и подбора ограждающих конструкций заполняется сводная таблица по прилагаемой форме (табл. 11).

Таблица 8

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий [2]

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент α_{ext} , Вт/(м ² · °C)
1. Наружные стены, покрытия, перекрытия над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытия чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Сопrotивление теплопередаче замкнутых воздушных прослоек [2]

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $R_{в.п.}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$)			
	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 10

Приведенное сопротивление теплопередаче рекомендуемых окон и балконных дверей [7]

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 раздельно-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	0,58
Стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах	0,56	0,65	0,72

1	2	3	4
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 11

Результаты теплотехнического расчета наружных ограждений здания

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

3. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЯ

Определение потерь теплоты помещениями здания производится в соответствии с положениями СНиП 2.04.05–91*.

В курсовой работе для 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. 12, 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 буквами и независимо от этажности здания рассматривают как одно помещение. Номера проставляют на чертежах в центре помещения в одинарном кружке.

Графа 2 – «Температура внутреннего воздуха t_{int} , °С». Принимается по табл. 13. В угловых помещениях температура внутреннего воздуха принимается на 2 °С выше, чем в неугловых.

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. 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 вышележащего этажей, а верхнего этажа – от уровня чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия;
- 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 , м²». Подсчитывается с точностью до 0,1 м².

Графа 7 – «Разность температур $(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})$, °С». Разность температур $(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})$, где t_{int} – то же, что и в графе 2, t_{ext} – то же, что и в формуле (6).

Графа 8 – «Поправочный коэффициент n ». Поправочный коэффициент к разности температур $(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})$ принимается по табл. 6.

Графа 9 – «Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций k , Вт/(м² · °С)». Коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций k принимается по результатам теплотехнического расчета (см. табл. 11). Определение площади наружной стены с окном может быть произведено по габаритным размерам стены без вычета площади окон. В качестве расчетного коэффициента теплопередачи окна следует принимать: $k_{\text{ок}} - k_{\text{н.с}}$.

Графа 10 – «Добавочные потери теплоты β на ориентацию ограждения». Следует принимать в долях от основных потерь теплоты в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на Север, Восток, Северо-Восток и Северо-Запад – в размере 0,1; на Юго-Восток и Запад – в размере 0,05.

Графа 11 – «Добавочные потери теплоты β на поступление холодного воздуха через наружные двери». 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 12 – «Множитель для учета дополнительных потерь теплоты $(1 + \sum \beta)$ ».

Графа 13 – «Потери теплоты через ограждающие конструкции $Q_{\text{опр}}$, Вт». Определяются по формуле

$$Q_{\text{опр}} = A(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \cdot (1 + \sum \beta)nk. \quad (12)$$

1	101 Жилая комна- та	Температура внутреннего воздуха t_{int} , °C	2	НС	НС	ОК	ОК	Пл	Условное обозначение	3	Ориентация по сторонам света	4	Размеры $a \times b$, м	5	Площадь A , м ²	7	Разность температур $t_{int} - t_{ext}$, °C	8	Поправочный коэффициент n	9	Коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции k , Вт/(м ² ·°C)	10	на ориентацию ограждения	11	на поступление холодного воздуха через наружные двери	12	Множитель для учета дополнительных по- терь теплоты $(1 + \sum \beta)$	13	Потери теплоты через ограждающие конст- рукции Q_{orp} , Вт	14	Потери теплоты помещением через ограж- дающие конструкции ΣQ_{orp} , Вт	15	Потери теплоты на нагревание инфильт- рующегося через ограждающие констр- кции наружного воздуха $Q_{инф}$, Вт	16	Бытовые теплопоступления $Q_{быт}$, Вт	17	$Q_{пом}$, Вт Полные потери теплоты помещения

Графа 14 – «Потери теплоты помещением через ограждающие конструкции ΣQ_{orp} , Вт». Определяются как сумма потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции данного помещения.

Графа 15 – «Потери теплоты на нагревание инфильтрующегося через ограждающие конструкции наружного воздуха $Q_{инф}$, Вт». В результате действия теплового и ветрового давления через поры и неплотности в наружных ограждениях происходит просачивание холодного наружного воздуха внутрь помещения (инфильтрация). Для упрощения расчетов в курсовой работе принимается $Q_{инф} = 0,3 \Sigma Q_{orp}$.

Графа 16 – «Бытовые теплопоступления $Q_{быт}$, Вт». Количество теплоты, которое выделяется в процессе жизнедеятельности в комнатах и кухнях жилых домов, следует принимать не менее чем 10 Вт на 1 м² площади пола помещения.

Графа 17 – «Полные потери теплоты помещения $Q_{пом}$, Вт». Определяются по формуле

$$Q_{пом} = \Sigma Q_{orp} + Q_{инф} - Q_{быт}. \quad (13)$$

Результат должен быть округлен до 10 Вт.

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

$$Q_{зд} = \Sigma Q_{пом}. \quad (14)$$

После определения $Q_{зд}$ следует найти удельный (на 1 м² отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений) расход тепловой энергии на отопление здания q_h^{des} , кДж/(м²·°C·сут):

$$q_h^{des} = \frac{10^3 Q_h^y}{(A_h D_d)}, \quad (15)$$

где Q_h^y – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж, который вычисляется по формуле (16); A_h – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м²; D_d – то же, что и в формуле (1).

Полученная величина должна быть меньше или равна нормируемому значению q_h^{des} , кДж/(м²·°C·сут), принимаемому по табл. 14.

$$Q_h^y = \frac{3,6\beta_{\text{пот}}Q_{\text{зд}}D_d \cdot 24}{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})10^3}, \quad (16)$$

где $\beta_{\text{пот}}$ – коэффициент, учитывающий непроизводительные потери теплоты системой отопления, принимаемый равным 1,1.

Таблица 13

Расчетная температура внутреннего воздуха t_{int} , °С [6]

Наименование помещения	Температура воздуха, t_{int} , °С
Жилая неугловая комната с $t_{\text{ext}} > -31^\circ\text{C}$	20
Жилая неугловая комната с $t_{\text{ext}} \leq -31^\circ\text{C}$	21
Кухня	19
Туалет	19
Ванная, совмещенный санузел	24
Лестничная клетка	16

Таблица 14

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление q_h^{req} жилых зданий, кДж/(м² · °С · сут)

Отапливаемая площадь зданий, м ²	q_h^{req} , кДж/(м ² · °С · сут)		
	Число этажей здания		
	3	4	5
150	130	–	–
250	110	115	–
400	95	100	85
600	85	90	85
1000 и более	75	80	85

4. ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Конструирование системы отопления производится в соответствии с требованиями СНиП 41-01–2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В здании необходимо запроектировать централизованную систему водяного отопления по заданному варианту (см. табл. 2) с расчетными температурами теплоносителя $t_r = 105^\circ\text{C}$ и $t_o = 70^\circ\text{C}$.

Классификация систем водяного отопления проводится по следующим основным признакам.

По схеме подключения отопительных приборов к стояку системы отопления подразделяют на двухтрубные (рис. 8), в которых горячая вода поступает в отопительный прибор по одним подающим стоякам, а охлажденная отводится по другим, и однотрубные (рис. 9), в которых горячая вода подводится к приборам и охлажденная вода отводится от них по одному стояку. В реальных условиях в одной системе, как правило, применяется одна из указанных схем.

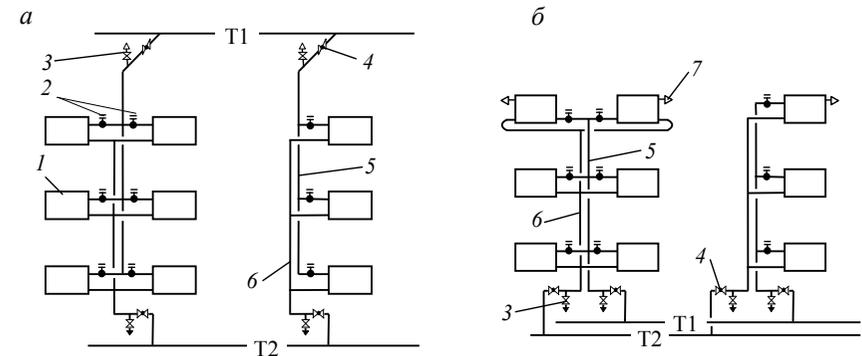


Рис. 8. Двухтрубная система водяного отопления: а – с верхней разводкой; б – с нижней разводкой; Т1 – подающая магистраль; Т2 – обратная магистраль; 1 – отопительный прибор; 2 – кран двойной регулировки; 3 – краны для впуска воздуха (верхние) и для спуска воды (нижние); 4 – проходные краны или вентили; 5 – подающий стояк; 6 – обратный стояк; 7 – воздушный кран

По месту расположения магистральных трубопроводов горячей и охлажденной воды системы отопления называют с верхней разводкой, при прокладке подающей магистрали выше отопительных приборов (см. рис. 8, а и 9, а) и с нижней разводкой, при расположении обеих магистралей ниже приборов (см. рис. 8, б и 9, б).

По направлению движения воды в подающей и обратной магистралях системы отопления бывают с тупиковым (в противоположных направлениях) и попутным (в одном направлении) движением воды в магистралях (рис. 10).

Конструирование системы отопления начинается с расстановки на поэтажных планах отопительных приборов. Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Желательно, чтобы длина прибора составляла не менее 50 % длины оконного проема.

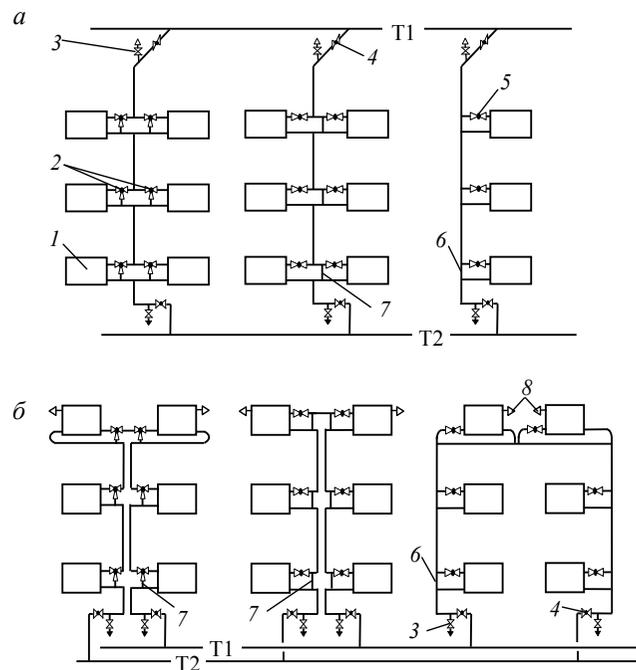


Рис. 9. Однотрубная система водяного отопления: *а* – с верхней разводкой; *б* – с нижней разводкой; T1 – подающая магистраль; T2 – обратная магистраль; 1 – отопительный прибор; 2 – кран трехходовой; 3 – краны для выпуска воздуха (верхние) и для спуска воды (нижние); 4 – проходные краны или вентили; 5 – кран проходной; 6 – осевой замыкающий участок; 7 – смещенный замыкающий участок; 8 – воздушный кран

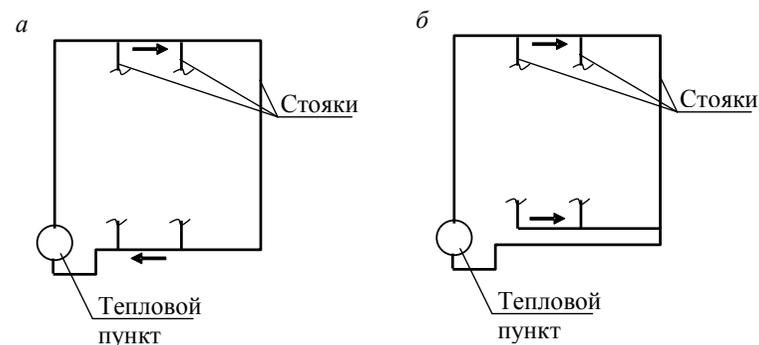


Рис. 10. Системы отопления: *а* – с тупиковым и *б* – с попутным движением воды в магистралях

В лестничных клетках многоэтажных зданий (до 12 этажей) отопительные приборы располагают внизу за пределами входного тамбура, применяя высокие конвекторы. В малоэтажных зданиях используют отопительные приборы того же типа, который принят для отопления основных помещений. Располагают их так, чтобы не сокращать ширину маршей, не образовывать выступы плоскости стен на уровне движения людей.

Присоединение отопительных приборов к теплопроводам может осуществляться по трем схемам (рис. 11). 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.

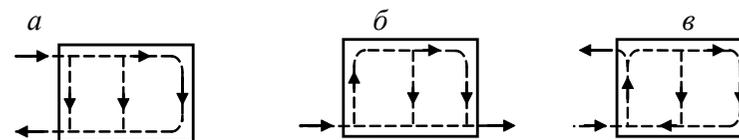


Рис. 11. Схемы подачи и отвода воды из отопительных приборов: *а* – сверху–вниз; *б* – снизу–вниз; *в* – снизу–вверх

В двух- и однотрубных системах с верхней разводкой наиболее целесообразно размещать приборы по отношению к стоякам таким образом, чтобы каждый стояк имел двустороннюю нагрузку (см. рис. 8, *а*

и 9, а, левые части систем). На практике чаще используется одностороннее присоединение, позволяющее унифицировать узел «обвязки» прибора, что важно для зданий массового строительства. Присоединение приборов по схеме снизу–вниз чаще всего осуществляется на верхнем этаже при вертикальных системах с нижней разводкой (см. рис. 8, б и 9, б). Присоединение приборов по схеме снизу–вверх применяется в системах отопления с нижней разводкой (см. рис. 9, б).

К стоякам, питающим приборы лестничных клеток, нельзя присоединять приборы других помещений. Питание приборов лестничных клеток осуществляется по однотрубной проточной схеме.

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.

На подводках к отопительным приборам устанавливают следующую запорно-регулирующую арматуру: в однотрубной системе – регулирующие краны (только для эксплуатационного регулирования), имеющие пониженный (до 5) коэффициент местного сопротивления (ручные краны – проходные и трехходовые, автоматические краны); в двухтрубной системе – регулирующие краны (для пуско-наладочного и эксплуатационного регулирования), имеющие повышенный коэффициент местного сопротивления (ручные краны двойного регулирования, краны ручные проходные с дросселирующим устройством, автоматические краны). Регулирующие краны у отопительных приборов не устанавливают в местах, где может замерзнуть циркулирующая вода. Это относится к приборам, устанавливаемым при входе в лестничные клетки, у ворот, у загрузочных наружных проемов и т. д.

Арматуру на стояках в малоэтажных (от одного до трех этажей) зданиях не ставят (рис. 12, а).

В четырех-, семиэтажных зданиях на стояках устанавливают проходные пробочные краны (рис. 12, б, в), вместо спускных кранов можно применять тройники или муфты с пробками для выпуска воздуха и воды.

В зданиях, имеющих восемь и более этажей (рис. 12, г), обязательна установка спускных кранов (вместо тройников с пробками); проходные краны заменяют вентилями также и при гидростатическом давлении, превышающем 0,6 МПа.

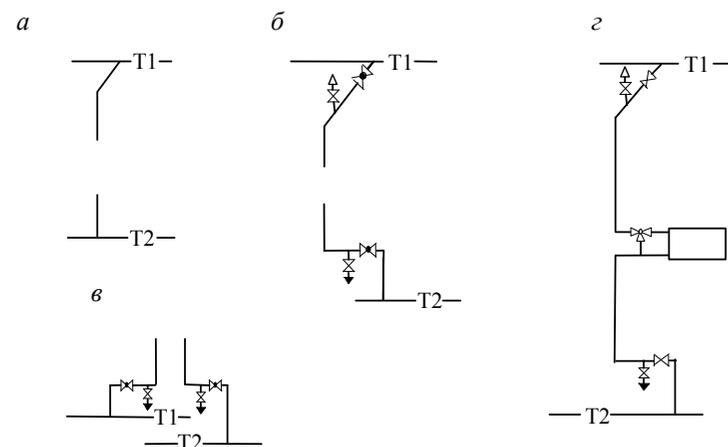


Рис. 12. Схемы присоединения стояков к магистралям систем отопления двух-, трехэтажных зданий (а), четырех-, семиэтажных при верхней разводке (б) и при нижней разводке (в), восьмиэтажных и более высоких зданий (г)

На стояках в лестничных клетках запорные краны устанавливают независимо от числа этажей.

Компенсация теплового удлинения стояков в малоэтажных зданиях обеспечивается естественными их изгибами в местах присоединения к подающим магистралям (см. рис. 12, а). В более высоких четырех-, семиэтажных зданиях стояки изгибают не только в местах присоединения к подающей, но и к обратной магистрали (см. рис. 12, б, в).

В зданиях, имеющих более семи этажей, таких изгибов труб недостаточно, и для компенсации удлинения средней части стояков применяют дополнительные изгибы труб с отнесением отопительных приборов от оси стояка (см. рис. 12, г).

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

В гражданских зданиях шириной до 9 м магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси (рис. 13, а). В гражданских зданиях шириной более 9 м предусматривают прокладку магистралей, обеспечивающую разделение системы отопления на две пофасадные части. При этом не только сокращается протяженность труб, но и становится возможным эксплуатационное регулирование теплоотдачи отдельно для каждой стороны здания – пофасадное регулирование.

Магистральи систем отопления гражданских зданий размещают, как правило, в чердачных и технических помещениях. В чердачных помещениях магистральи располагают на расстоянии 1...1,5 м от наружных стен (рис. 13, б, в) для удобства монтажа и ремонта, а также для обеспечения компенсации теплового удлинения стояков. В подвальных помещениях, в технических этажах магистральи для экономии места укрепляют на стенах на высоте 0,3...0,5 м ниже потолка. Магистральные трубопроводы теплоизолируются.

Арматуру на магистральях 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 магистральях устанавливают спускные краны, в повышенных местах водяных магистральей – воздушные краны или воздухоотборники.

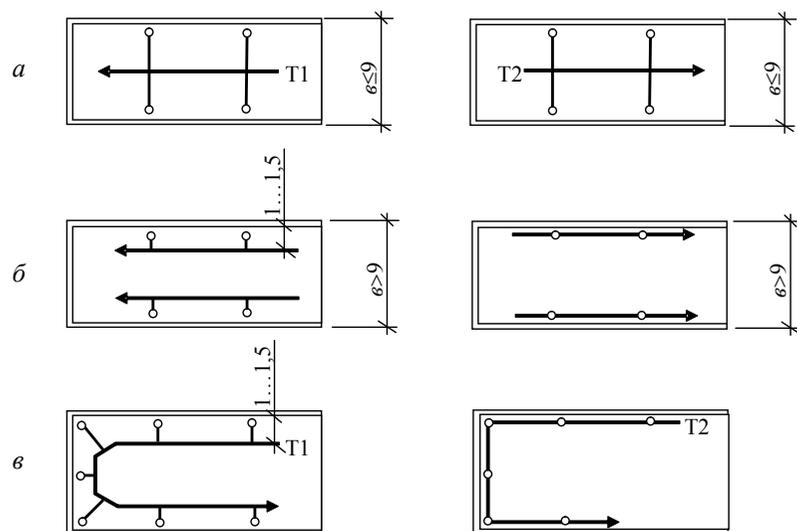


Рис. 13. Размещение магистральей систем отопления в чердачных (слева), подвальных (справа) помещениях зданий шириной 9 м (а), шириной более 9 м при тупиковом (б) и попутном (в) движении теплоносителя в трубах

При размещении магистральей предусматривают свободный доступ к ним для осмотра, ремонта и замены. Уклон магистральей следует принимать не менее 0,002.

В насосной системе с верхней разводкой для перемещения пузырьков воздуха к воздухоотборникам уклон магистральей рекомендуется делать против направления движения воды (рис. 14).

В стояках насосной однотрубной системы с нижней разводкой рекомендуется скорость движения воды не менее 0,25...0,3 м/с для уноса пузырьков воздуха. Воздушные краны, устанавливаемые на отопительных приборах (рис. 15), предназначены для использования при проведении пуско-наладочных и ремонтных работ.

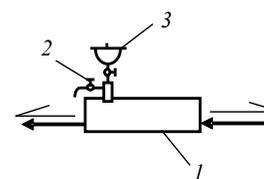


Рис. 14. Способ удаления воздушных скоплений из систем водяного отопления с верхней разводкой:

1 – горизонтальный проточный воздухоотборник; 2 – спускной кран; 3 – автоматический воздухоотводчик



Рис. 15. Способ удаления воздушных скоплений из отопительного прибора верхнего этажа в системах водяного отопления с нижней разводкой

5. РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

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

Тип отопительного прибора и его характеристика выбирается по табл. 15, по последней цифре номера зачетной книжки.

В курсовой работе требуется рассчитать и подобрать отопительные приборы, присоединенные только к стояку основного циркуляционного кольца. 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.

Таблица 15

Тип и характеристика отопительных приборов

Номер варианта	Тип отопительного прибора	Номинальный условный тепловой поток одного элемента прибора $Q_{н.у.}$, Вт	Длина одного элемента прибора l , мм
	<i>Радиаторы чугунные секционные</i>		
1	МС-140-108	185	108
2	МС-140-98	174	98
3	МС-90-108	150	108
4	МС-140-АО	178	96
5	М-140-А	164	96
6	М-90	140	96
7	Радиатор алюминиевый «Extra Therm»	151	80
8	Радиатор биметаллический «RiFar»	204	80
	<i>Радиатор панельный стальной</i>		
	<i>однорядные:</i>		
	РСВІ-1	504	538
	РСВІ-2	676	724
	РСВІ-3	850	910
	РСВІ-4	1025	1096
	РСВІ-5	1199	1282
	<i>двухрядные:</i>		
	2 РСВІ-3	1475	910
	2 РСВІ-4	1779	1096
	2 РСВІ-5	2083	1282
	<i>Конвектор настенный с кожухом «Универсал» (концевой)</i>		
	КН20-0,4к	400	500
	КН20-0,479к	479	600
	КН20-0,655к	655	500
	КН20-0,786к	786	600
	КН20-0,918к	918	700
	КН20-1,049к	1049	800
	КН20-1,18к	1180	900
	КН20-1,311к	1311	1000
	КН20-1,442к	1442	1100
	КН20-1,573к	1573	1200
	КН20-1,704к	1704	1300
	КН20-1,835к	1835	1400
	КН20-1,966к	1966	1500

Расчет отопительных приборов ведется в следующей последовательности:

1. Вычерчивается расчетная схема стояка с указанием тепловой мощности $Q_{пр}$, Вт, каждого прибора (см. рис. 8, 9).

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

$$G_{ст} = \frac{3,6Q_{ст}\beta_1\beta_2}{c_p(t_r - t_o)}. \quad (17)$$

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

$$G_{пр} = \frac{3,6Q_{пр}\beta_1\beta_2}{c_p(t_r - t_o)}, \quad (18)$$

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 105 и 70 °С; β_1 – коэффициент учета увеличения теплового потока устанавливаемых отопительных приборов в результате округления расчетной величины в большую сторону, определяемый по табл. 16; β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительных приборов у наружных ограждений, определяемый по табл. 17.

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

- для однотрубных систем:

$$t_{cp} = t_r - \left(\sum Q_{пр} + \frac{0,5 \cdot Q_{пр}}{\alpha} \right) \frac{3,6 \cdot \beta_1 \beta_2}{c_p G_{ст}}, \quad (19)$$

- для двухтрубных систем

$$t_{cp} = 0,5(t_r + t_o), \quad (20)$$

где $\sum Q_{пр}$ – суммарная тепловая мощность приборов, подключенных к стояку до рассматриваемого прибора, Вт; α – коэффициент затекания воды в отопительный прибор, принимаемый по табл. 18.

Таблица 16

Значения коэффициента β_1

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт	β_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 β_1 коэффициент $\beta_1' = 0,5(1 + \beta_1)$.

Таблица 17

Значения коэффициента β_2

Отопительный прибор	Значения β_2 при установке прибора у наружной стены, в том числе под световым проемом
1. Радиатор секционный чугунный, алюминиевый и биметаллический	1,02
2. Радиатор стальной панельный	1,04
3. Конвектор с кожухом	1,02

Таблица 18

Значения коэффициента затекания воды α в приборных узлах с радиаторами секционными, панельными типа РСВИ и конвекторами

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающим участком	α
С трехходовым краном КРТ	Одностороннее	–	1,0
	Двустороннее	–	0,50
С проходным краном КРП	Одностороннее	Смещенным*	0,50
		Осевым	0,33
	Двустороннее	Смещенным	0,20
		Осевым	0,17

*При подводках с утками для этого узла $\alpha = 0,33$; для остальных узлов α не изменяется.

5. Находится разность средней температуры воды в приборе t_{cp} , °С, и температуры воздуха в помещении t_{int} , °С (см. табл. 14)

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_{int}, \quad (21)$$

6. Вычисляется величина требуемого номинального теплового потока выбранного прибора $Q_{н.пр}$, Вт, исходя из того, что она не должна сократиться более чем на 5 % по сравнению с $Q_{пр}$:

$$Q_{н.пр} = \frac{0,95Q_{пр}}{\varphi_k}, \quad (22)$$

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

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p b c \psi, \quad (23)$$

где n , p и c – величины, соответствующие определенному виду отопительных приборов, принимаются по табл. 19; b – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности, при атмосферном давлении 10^5 Па – $b = 1,0$; ψ – коэффициент учета направления движения теплоносителя в приборе.

Таблица 19

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 чугунные секционные, стальные панельные, алюминиевые и биметаллические	Сверху–вниз	18–50	0,3	0,02	1,039
		54–536		0	1,0
	536–900	0,01	0,996		
	Снизу–вниз	18–115	0,15	0,08	1,092
		119–900		0	1,0
	Снизу–вверх	18–61	0,25	0,12	1,113
		65–900		0,04	0,97
Конвектор настенный с кожухом «Универсал»	Любое	36–86 90–900	0,3	0,18 0,07	1

Для отопительных приборов, подключенных по схеме сверху–вниз и снизу–вниз $\psi = 1$; по схеме – снизу–вверх ψ определяется по формуле

$$\psi = 1 - a(t_r - t_o), \quad (24)$$

где $a = 0,006$ – для чугунных, биметаллических и алюминиевых секционных и стальных панельных радиаторов типа РСВИ; $a = 0,002$ – для конвекторов настенных типа «Универсал».

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

$$G_{пр} = \alpha \cdot G_{ст}. \quad (25)$$

7. Для стальных панельных радиаторов и конвекторов выбирается типоразмер отопительного прибора по величине $Q_{н.у} \geq Q_{н.пр}$, Вт, по табл. 15.

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

$$n_{сек} \geq \frac{Q_{н.пр} \cdot \beta_4}{Q_{н.у} \cdot \beta_3}, \quad (26)$$

где β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки прибора, при открытой установке прибора $\beta_4 = 1$; β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в приборе, принимаемый при

ориентировочном значении $n_{сек} = \frac{Q_{н.пр} \cdot \beta_4}{Q_{н.у}}$:

- для радиаторов типа МС-140

Число секций в приборе	До 15	16...20	21...25
β_3	1,0	0,98	0,96

- для радиаторов остальных типов по формуле

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{34}{n_{сек} Q_{н.у}}. \quad (27)$$

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

Если в результате вычислений по формуле (26) получилось дробное число, его необходимо округлить до целого в большую сторону.

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

В курсовой работе 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 курсовой работе в масштабе 1:100. Вариант системы водяного отопления и разводки магистральных трубопроводов определяют по табл. 2.

На схеме системы отопления показывают основное циркуляционное кольцо, на котором вычерчивают расчетный стояк вместе с отопительными приборами. Показ остальных циркуляционных колец ограничивают разводкой магистралей и ответвлений к стоякам. Кроме того, на схеме необходимо показать запорно-регулирующую арматуру (вентили, задвижки, тройники с пробкой и т. п.), воздухосборники, 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 элеваторного узла теплового центра. Рекомендуется нумерация участков одной цифрой, например, 1, 2, 3 и т. д. Напротив участка указываются его теплонагрузка $Q_{уч}$, Вт, длина $l_{уч}$, м, и диаметр $d_{уч}$, мм (после расчета). Примеры разбивки схем систем отопления на участки приведены на рис. 16 и 17.

Гидравлический расчет рекомендуется вести методом удельных линейных потерь давления на трение по длине трубопроводов в нижеприведенной последовательности.

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

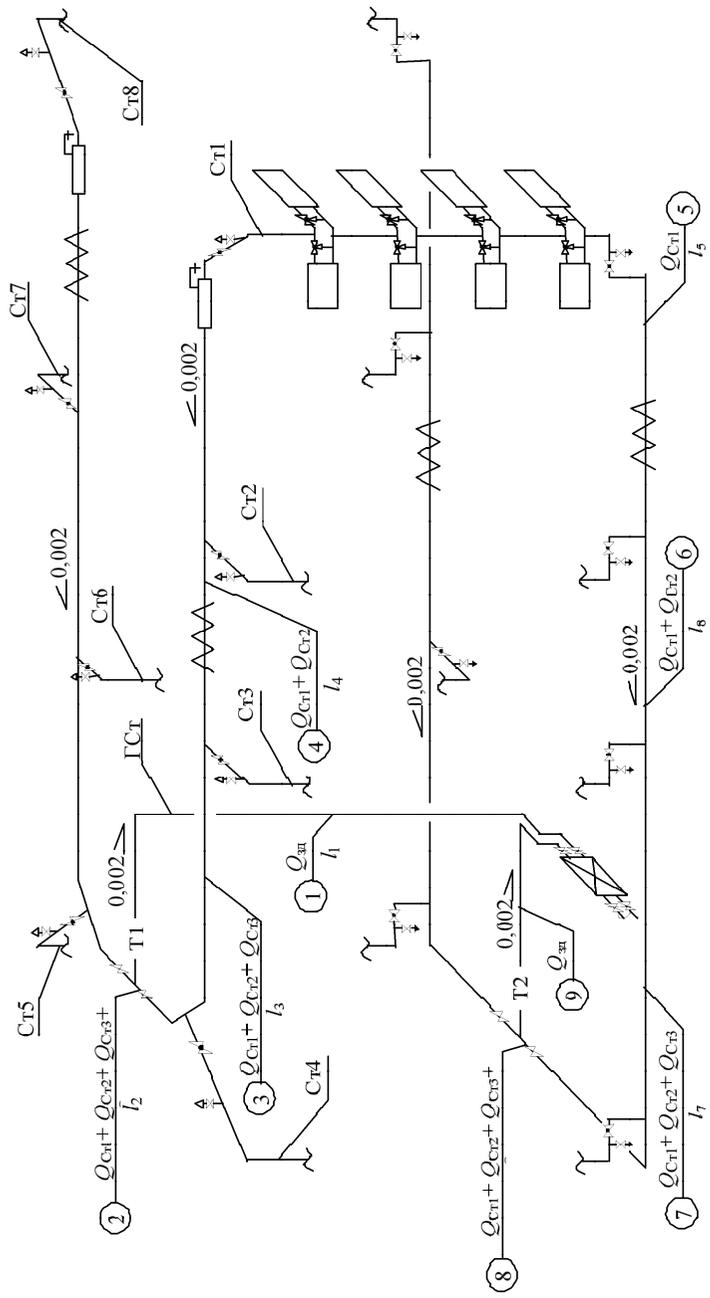


Рис. 16. Схема однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой с тупиковым движением теплоносителя

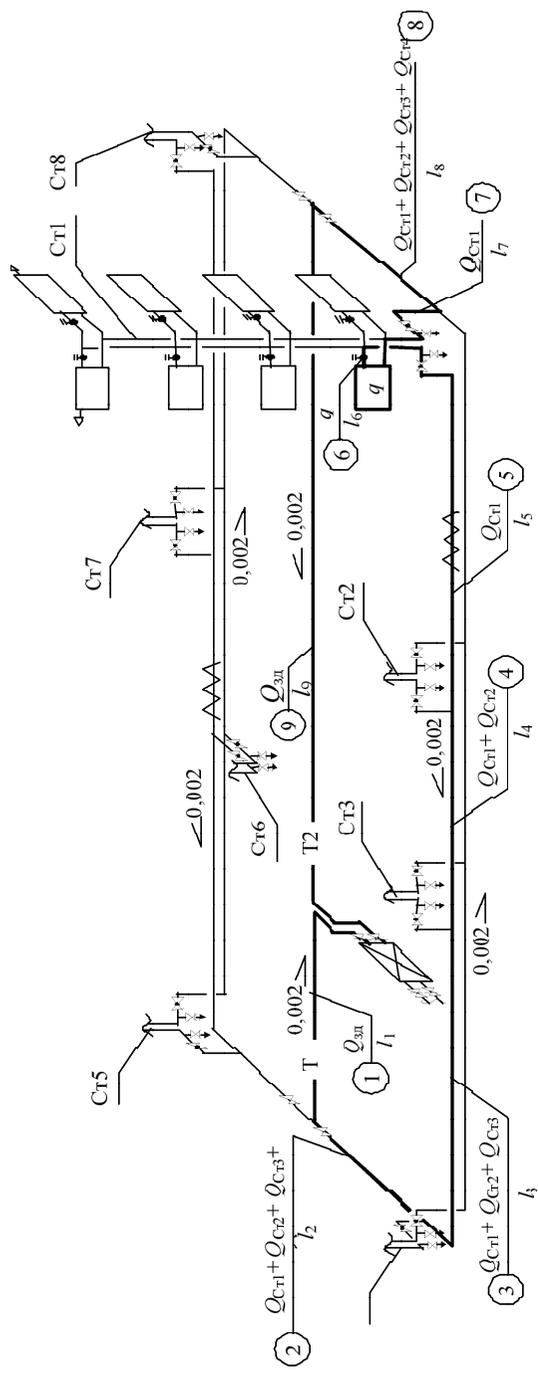


Рис. 17. Схема двухтрубной системы водяного отопления с нижней разводкой с попутным движением теплоносителя

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:

$$G_{\text{уч}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{уч}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c_p (t_r - t_o)}, \quad (28)$$

где $\beta_1, \beta_2, c_p, t_r, t_o$ – то же, что и в формуле (17).

4. Вычисляется средняя величина удельной потери давления на трение (удельное сопротивление) $R_{\text{ср}}$, Па/м:

$$R_{\text{ср}} = \frac{m \cdot \Delta p_p}{\Sigma l}, \quad (29)$$

где m – коэффициент, принимаемый для однотрубной системы отопления 0,65, для двухтрубной – 0,5; Σl – сумма длин участков циркуляционного кольца, м; Δp_p – расчетное давление в системе отопления, Па, величина которого принимается по заданию (см. табл. 2).

5. С помощью номограммы на рис. 18 при известных значениях $R_{\text{ср}}$ и $G_{\text{уч}}$ находят ближайший по стандарту диаметр трубопровода $d_{\text{уч}}$, фактические значения удельного сопротивления $R_{\text{уч}}$, скорость движения воды $w_{\text{уч}}$ и динамическое давление воды $p_{\text{дин,уч}}$.

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 воды. По табл. 20 определяются величины коэффициентов местных сопротивлений и их сумма $\Sigma \zeta_{\text{уч}}$. Местные сопротивления этажеузлов однотрубных систем водяного отопления с верхней и нижней разводкой приведены в табл. 21.

Вид местных сопротивлений и величины ζ по каждому участку должны быть занесены в таблицу, форма которой и примеры заполнения представлены в табл. 22.

7. Рассчитываются потери давления на трение по длине участка $(R \cdot l)_{\text{уч}}$, Па, и в местных сопротивлениях $Z_{\text{уч}} = (p_{\text{дин}} \cdot \Sigma \zeta)_{\text{уч}}$, Па, а затем находятся полные потери давления на каждом участке $(R \cdot l + Z)_{\text{уч}}$ и суммарные потери по всей длине основного циркуляционного кольца $\Sigma(R \cdot l + Z)_{\text{уч}}$.

Коэффициенты местных сопротивлений ζ [9]

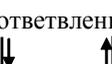
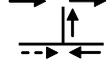
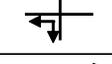
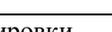
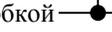
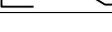
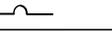
Местное сопротивление	Значение ζ при условном проходе труб, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
Радиатор секционный	2	2	2	2	2	2	2
Радиатор стальной панельный	0,3	0,6	2	5,3	–	–	–
Конвектор «Универсал»	0,7	1,6	5,4	14,4	–	–	–
Тройники: проходные 	1	1	1	1	1	1	1
поворотные на ответвление 	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке 	3	3	3	3	3	3	3
Крестовины: проходные 	2	2	2	2	2	2	2
поворотные 	3	3	3	3	3	3	3
Вентили обыкновенные 	20	16	10	9	9	8	7
Краны пробковые проходные 	5	4	2	2	2	–	–
Краны двойной регулировки с цилиндрической пробкой 	5	4	2	2	2	–	–
Задвижки параллельные 	–	–	–	0,5	0,5	0,5	0,5
Отводы 90° и утка 	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
Отводы 135° 	1	0,75	0,75	0,5	0,5	0,25	0,25
Скобы 	4	3	2	2	2	2	2
Воздухосборник 	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Таблица 21

Коэффициенты местных сопротивлений этажеузлов отопительных приборов однотрубных систем [8]

Эскиз	Диаметры труб, мм			ζ	Эскиз	Диаметры труб, мм			ζ
	d_1	d_2	d_3			d_1	d_2	d_3	
	15	15	15	6		15	15	20	1,2
	20	15	15	8		20	15	20	1,9
	25	20	15	9,3		25	20	20	2
	20	15	20	5,1		32	25	20	2,6
	25	20	20	6,5					
	15	15	15	2,8		15	15	20	1,2
	20	15	15	4,6		20	15	20	2,9
	20	15	20	2,6		25	20	20	2,1
				4,5					6,5
	15	15	15	10,2		15	15	15	5,1
	20	20	20	7,8		15	15	20	6,7
	25	25	20	15,7		20	15	20	6,4
	15	15	20	1		15	15	15	12,8
	20	15	20	6,1		20	20	20	9,6
	25	20	20	7		25	25	20	28

Таблица 22

Пример заполнения таблицы для определения суммы коэффициентов местных сопротивлений на участках

Номер участка	Диаметр $d_{уч}$, мм	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления ζ	$\Sigma \zeta_{уч}$
<i>К схеме на рис. 16</i>				
1	40	Задвижка параллельная	0,5	2,5
		Отвод 90°	0,5×4 шт. = 2,0	
2	32	Тройник на ответвление	1,5	11,0
		Вентиль обыкновенный	9,0	
		Отвод 45°	1/2 = 0,5	
и т. д.				

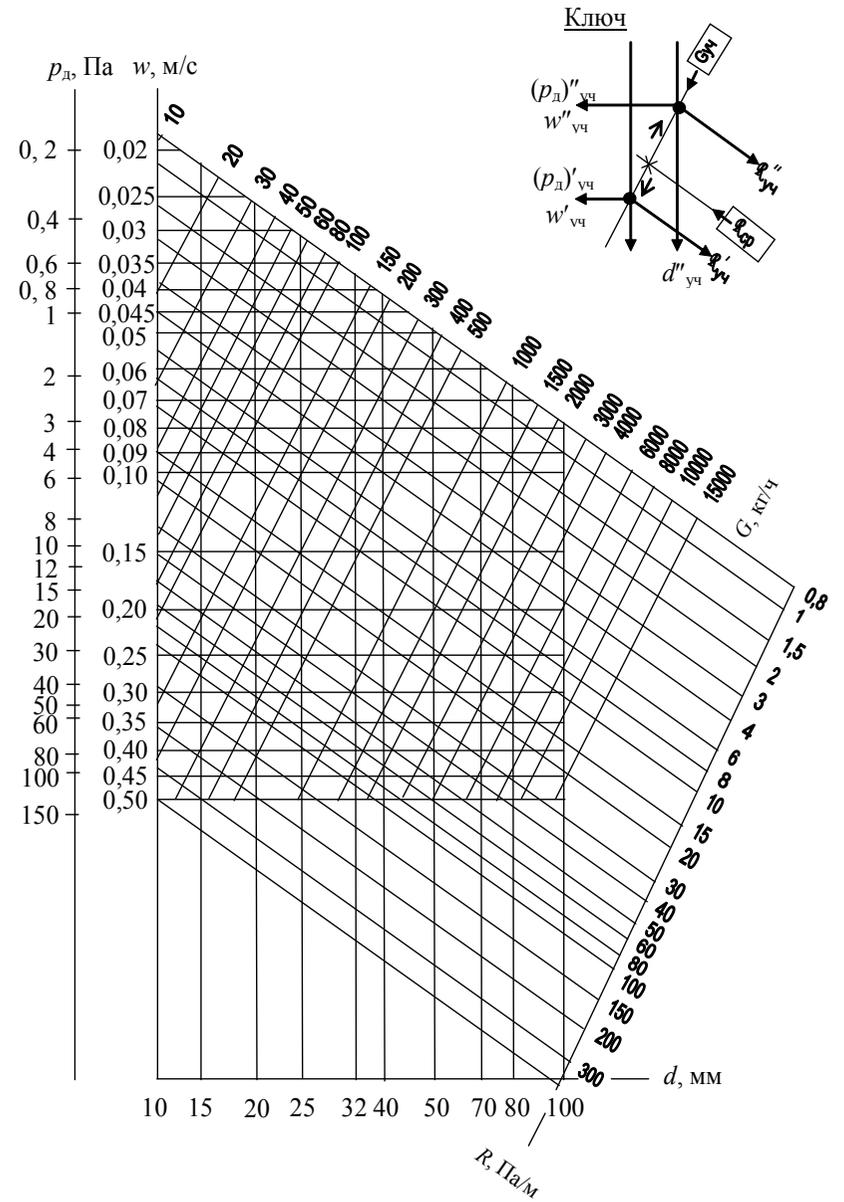


Рис. 18. Номограмма для гидравлического расчета трубопроводов систем водяного отопления

Номер участка	Данные по схеме								Принято				$\sum Z_{уч}$	$\sum(R \cdot l + Z)_{уч}$
	Тепловая нагрузка на участке $Q_{уч}$, Вт	Расход воды на участке $G_{уч}$, кг/ч	Длина участка $l_{уч}$, м	Диаметр трубопровода $d_{уч}$, мм	Скорость воды на участке $w_{уч}$, м/с	Удельные потери давления на трение $R_{уч}$, Па/м	Потери давления на трение $R_{уч} \cdot l_{уч}$, Па	Динамическое давление на участке $P_{дин,уч}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \xi$	Потери давления на местные сопротивления $Z_{уч}$, Па	Потери давления на участке $R \cdot l + Z$, Па			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1														
2														
и т. д.														

8. Проверяется правильность гидравлического расчета из условия:

$$0,9 \cdot \Delta p_p \geq \sum(R \cdot l + Z)_{уч}, \quad (30)$$

и если оно выполнено, то невязка должна составить:

- при тупиковой разводке системы водяного отопления

$$\Delta = \frac{0,9 \cdot \Delta p_p - \sum(R \cdot l + Z)_{уч}}{0,9 \cdot \Delta p_p} 100 \leq 15 \% ; \quad (31)$$

- при попутном движении теплоносителя в системе водяного отопления:

$$\Delta = \frac{0,9 \cdot \Delta p_p - \sum(R \cdot l + Z)_{уч}}{0,9 \cdot \Delta p_p} 100 \leq 5\% . \quad (32)$$

При невыполнении указанных условий на отдельных участках следует соответственно увеличить или уменьшить диаметр трубопровода и произвести пересчет потерь давления на них.

Результаты гидравлического расчета трубопроводов основного циркуляционного кольца сводятся в табл. 23.

По окончании гидравлического расчета на схеме системы отопления и на планах здания проставляются диаметры трубопроводов.

7. ПОДБОР ВОДОСТРУЙНОГО ЭЛЕВАТОРА

Для понижения температуры сетевой воды $t_c = 150$ °С, поступающей от ТЭЦ в тепловой центр здания, до необходимой для подачи в систему отопления воды с температурой $t_r = 105$ °С применяют смесительный насос или водоструйный элеватор. Понижение температуры происходит при смешении высокотемпературной воды t_c с обратной водой, охлажденной до температуры $t_o = 70$ °С.

В курсовой работе требуется подобрать водоструйный элеватор типа ВТИ теплосети Мосэнерго. Устройство теплового центра с элеваторным узлом и самого водоструйного элеватора приведено на рис. 19.

Основной расчетной характеристикой для подбора элеватора является коэффициент смешения $\alpha_{см}$:

$$\alpha_{см} = 1,15 \frac{t_c - t_r}{t_r - t_o} . \quad (33)$$

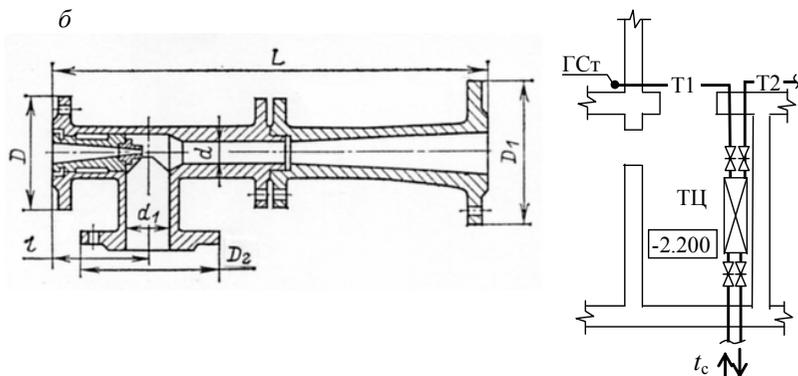
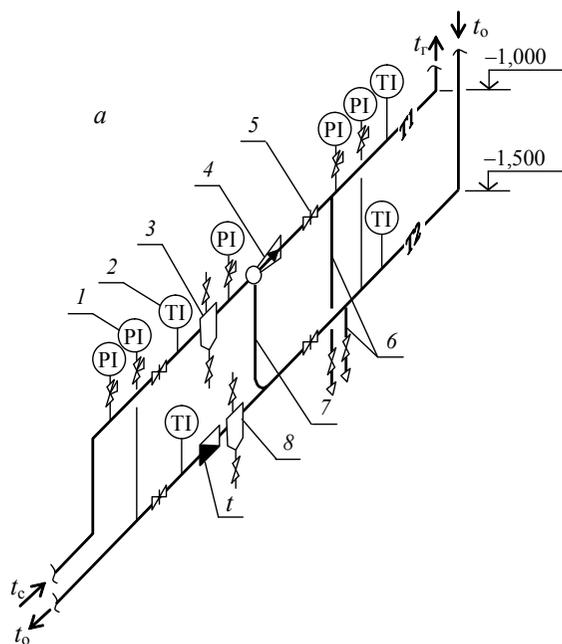


Рис. 19. Устройство теплового центра с элеваторным узлом:
 а – общий вид: 1 – манометр; 2 – термометр; 3 – грязевик; 4 – элеватор; 5 – задвижка; 6 – спускная труба; 7 – перемычка; 8 – водомер; б – разрез
 d – диаметр камеры смешения; d_1 – диаметр патрубка подсоса; D и D_1 – наружные диаметры присоединительных фланцев входного и выходного соответственно; D_2 – наружный диаметр патрубка подсоса; l – расстояние от входного фланца до центра патрубка подсоса; L – общая длина элеватора, мм; в – изображение на плане подвала

Номер элеватора выбирается в зависимости от диаметра камеры смешения (горловины) d , мм:

$$d = 13,94 \sqrt{\frac{Q_{\text{сист}}^2 (1 + \alpha_{\text{см}})^2}{(t_r - t_o)^2 p_{\text{сист}}}}, \quad (34)$$

где $Q_{\text{сист}} = \frac{Q_{\text{зд}}}{1000}$ – тепловая мощность системы отопления, кВт;

$p_{\text{сист}} = \frac{\sum (R \cdot l + Z)_{\text{уч}}}{1000}$ – суммарная потеря давления по длине расчетного циркуляционного кольца, кПа; $(R \cdot l + Z)_{\text{уч}}$ следует принять по табл. 23.

По найденному диаметру камеры смешения и табл. 24 [8] выбирается номер элеватора и указываются его размеры.

Диаметр сопла элеватора $d_{\text{соп}}$, мм, определяется по формуле

$$d_{\text{соп}} = 15,84 \sqrt{\frac{Q_{\text{сист}}^2}{(t_c - t_o)^2 \Delta p_{\text{сист}}}}, \quad (35)$$

где $p_{\text{сист}}$ – располагаемая разность давлений воды в теплосети на вводе в здание, кПа.

В курсовой работе принять $p_{\text{сист}} = 150$ кПа.

Таблица 24

Основные размеры элеватора чугунного типа ВТИ теплосети Мосэнерго [8]

Номер элеватора	Диаметр камеры смешения d , мм	Общая длина L , мм	Расстояние от входного фланца до центра патрубка подсоса l , мм	Диаметр патрубка подсоса d_1 , мм	Наружные диаметры присоединительных фланцев, мм		
					входного D	выходного D_1	патрубка подсоса D_2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	15	425	90	51	145	160	160
2	20	425	90	51	145	160	160
3	25	625	135	70	160	195	195
4	30	625	135	70	160	195	195
5	35	625	135	70	160	195	195
6	47	720	180	100	195	215	215
7	59	720	180	100	195	215	215

8. ХАРАКТЕРИСТИКА И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

В курсовой работе необходимо запроектировать систему естественной канальной вытяжной вентиляции для блока из квартир, расположенных одна над другой по вертикали здания. В зависимости от номера задания по табл. 25 выбираются помещения (кухни) для расчета вентиляции.

Таблица 25

Выбор помещения для проектирования вентиляции

Номер задания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кухни в осях	А-В 2-3	А-Б 3-6	В-Г 2-3	А-Б 4-5	Д-Е 3-5	Б-Г 2-4	В-Г 1-2	Е-И 2-3	А-Б 3-4	В-Г 4-5

На рис. 20 показана принципиальная схема системы вытяжной естественной канальной вентиляции. Она состоит из вертикальных внутренних или приставных каналов 2 с отверстиями, в которые вставлены жалюзийные решетки 1, сборного горизонтального воздуховода 3, прокладываемого в чердачном помещении или в подшивном потолке, и вертикальной вытяжной шахты 4. Над вытяжной шахтой устанавливают зонт или дефлектор 5.

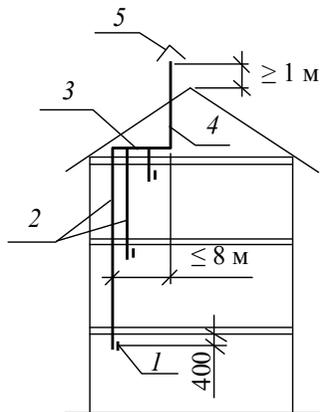


Рис. 20. Система вытяжной естественной канальной вентиляции малоэтажного здания

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.

Радиус действия вытяжных систем естественной вентиляции (от оси вентиляционной шахты до оси наиболее удаленного вентиляционного канала) – невелик и составляет не более 8 м.

Одна система вентиляции может обслуживать только одноименные или близкие по назначению помещения. Не допускается присоединять вытяжные системы санитарных узлов к системам вентиляции кухонь.

В зданиях с кирпичными внутренними стенами вентиляционные каналы устраивают в толще стен или бороздах, заделываемых плитами (рис. 21, 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 140×140 мм ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ кирпича), 140×270 мм ($\frac{1}{2} \times 1$ кирпич), 270×270 мм (1×1 кирпич), 270×400 мм (1×1½ кирпич) и т. д. Устройство каналов в наружных стенах не допускается.

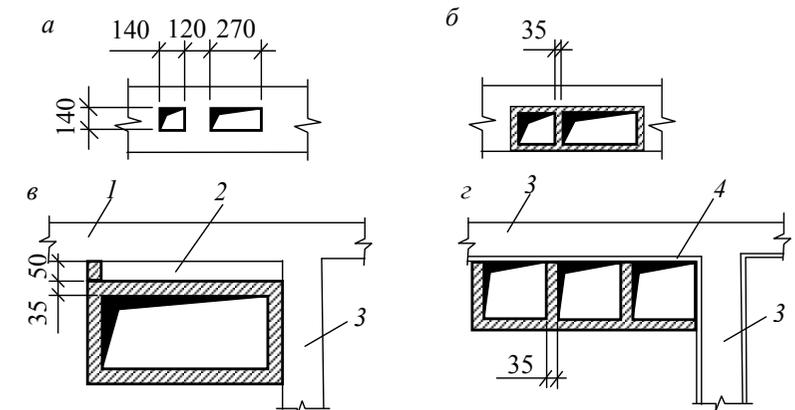


Рис. 21. Схема устройства вентиляционных каналов:
а – в кирпичных стенах; б – в бороздах стены, заделываемых плитами;
в – с воздушной прослойкой у наружной стены; г – у внутренней стены;
1 – наружная стена; 2 – воздушная прослойка; 3 – внутренняя стена;
4 – штукатурка

Если нет внутренних кирпичных стен, устраивают приставные воздуховоды из блоков или плит (рис. 21, в, з). 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.

Размер горизонтальных воздуховодов, расположенных на чердаках, следует принимать не менее 200×200 мм.

Для предотвращения охлаждения воздуха, перемещаемого по воздуховодам, сборные горизонтальные воздуховоды, прокладываемые на чердаках или в неотапливаемых помещениях, необходимо утеплять.

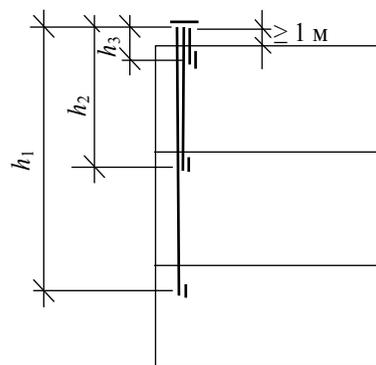


Рис. 22. Система вытяжной естественной вентиляции в бесчердачных зданиях

В бесчердачных зданиях каналы можно объединять в сборный воздуховод, устраивая его под потолком коридора, лестничных клеток и других вспомогательных помещений или в подшивном потолке. В бесчердачных жилых зданиях вентиляционные вертикальные каналы часто выводят без объединения в сборный воздуховод (рис. 22).

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

Разность давлений $\Delta p_{гр}$, Па, определяется по формуле

$$\Delta p_{гр} = h_i \cdot g(\rho_n - \rho_v), \quad (36)$$

где h_i – высота воздушного столба (см. рис. 22), принимаемая от центра вытяжного отверстия (жалюзийной решетки) в кухне данного этажа до устья вытяжной шахты, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ_n , ρ_v – плотность соответственно наружного (при температуре +5 °С) и внутреннего воздуха (при t_{int} для рассчитываемого помещения – кухни или санузла, см. табл. 14), кг/м³, определяется из выражения

$$\rho = \frac{353}{273 + t}. \quad (37)$$

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

$$\Delta p_{пот} = a \sum (R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z), \quad (38)$$

где a – коэффициент запаса, равный 1,1...1,15; R – удельные потери давления на трение по длине, Па/м; l – длина воздуховода (канала), м; $\beta_{ш}$ – коэффициент шероховатости внутренней поверхности воздуховода (канала), определяемый по табл. 26; Z – потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Таблица 26

Значения коэффициентов шероховатости $\beta_{ш}$

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

Потери давления в местных сопротивлениях определяются по формуле

$$Z = p_{дин} \cdot \sum \zeta, \quad (39)$$

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

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

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

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВОЗДУХООБМЕНА И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗДУХОВОДОВ

При определении расчетного воздухообмена для заданного помещения (кухни) $V_{кух}$, м³/ч, исходя из того, что количество воздуха, необходимого для вентиляции квартиры жилого дома составляет 3 м³/ч на 1 м² жилой площади, и что часть воздуха удаляется из квартиры через вентиляционные каналы туалета, ванной комнаты:

$$V_{кух} = 3 \cdot \sum F_{ж.к} - 50, \tag{40}$$

где $\sum F_{ж.к}$ – суммарная площадь жилых комнат квартиры, м²; 50 м³/ч – суммарный расход воздуха, удаляемого из туалета, ванной комнаты или совмещенного санузла (табл. 27).

Полученное значение $V_{кух}$ необходимо сравнить с минимальным воздухообменом для оборудованной газовой плитой кухни $V_{мин}$, который требуется для компенсации воздуха, расходуемого при сжигании газа (см. табл. 27).

За расчетный воздухообмен $V_{расч}$ принимается бóльшая из величин $V_{кух}$ и $V_{мин}$.

Последовательность аэродинамического расчета воздухопроводов (каналов):

1. На поэтажных планах и плане чердака наносятся внутрискрипные или приставные каналы (см. рис. 21), сборные короба и шахты. У вытяжных решеток помещений указывается количество воздуха, удаляемого по каналу (рис. 23).

2. Вычерчивается аксонометрическая схема системы вентиляции (рис. 24). В курсовой работе следует рассчитать воздухопроводы (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 воздухопровод с неизменными расходом воздуха, сечением и материалом воздухопровода. На схеме в кружке у выносной черты ставится номер участка, над чертой указывается расход на участке $V_{уч}$, м³/ч, а под чертой – длина участка $l_{уч}$, м.

Расчетный минимальный воздухообмен в помещениях жилого здания по [13]

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

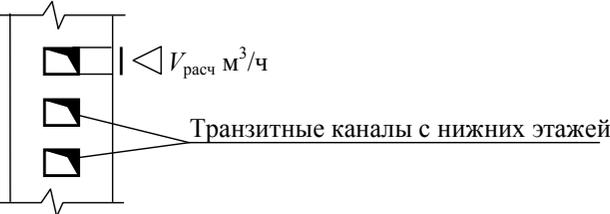


Рис. 23. Изображение на плане внутрискрипных каналов вытяжной естественной вентиляции

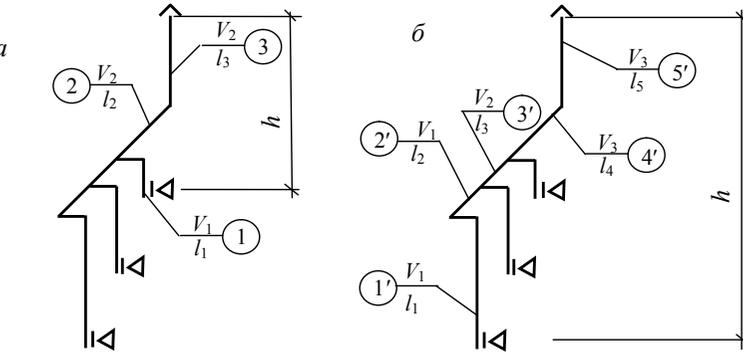


Рис. 24. Расчетная схема системы естественной вытяжной канальной вентиляции:
 а – для кухни верхнего этажа; б – для кухни нижнего этажа

3. Определяется предварительная площадь сечения воздуховода (канала) на расчетном участке $f_{\text{уч}}^{\text{пр}}$, м², по известному расходу $V_{\text{уч}}$, и рекомендуемой скорости движения воздуха $w_{\text{рек}}$. Обычно расчет начинается с самого удаленного участка расчетного направления. При этом могут быть приняты следующие скорости движения воздуха:

- в вертикальных каналах верхнего этажа – 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);
- в сборных горизонтальных воздуховодах – 1 м/с;
- в вытяжных шахтах – до 1,5 м/с;

$$f_{\text{уч}}^{\text{пр}} = V_{\text{уч}} / (3600 w_{\text{рек}}). \quad (41)$$

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:

$$w_{\text{уч}} = V_{\text{уч}} / (3600 f_{\text{уч}}^{\text{факт}}). \quad (42)$$

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:

$$d_{\text{э}(w)} = \frac{2 \cdot A \cdot B}{A + B}, \quad (43)$$

где A, B – размеры прямоугольного канала, мм.

5. По номограмме (рис. 25) находят 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 ($\sum \zeta$)_{уч}, значения которых приведены в табл. 28.

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

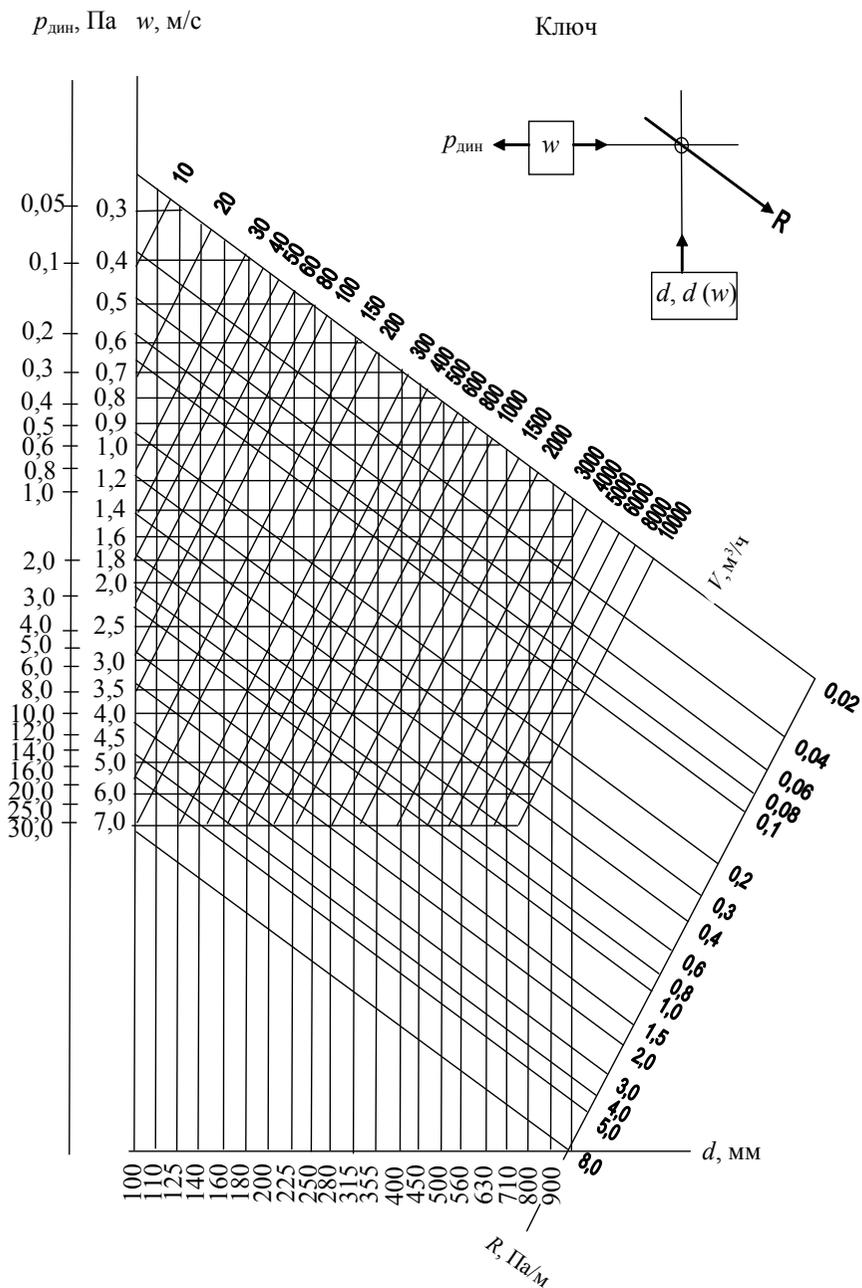


Рис. 25. Номограмма для расчета стальных воздуховодов круглого сечения

Таблица 28

Коэффициенты местных сопротивлений некоторых фасонных частей воздуховодов [12]

Местное сопротивление	Эскиз	Коэффициент местного сопротивления					
Внезапное расширение		$\zeta = (1 - f/F)^2$					
Внезапное сужение		$\zeta = 0,5(1 - f/F)$					
Вытяжная шахта с зонтом		$\zeta = 1,3$					
Дефлектор		$\zeta = 0,64$					
Колоно круглое, квадратное, прямоугольное		α	90				
		ζ	1,2				
		Для прямоугольных колен ζ умножить на c					
		b/a	0,25	0,5	1	1,5	
		c	1,1	1,07	1	0,95	
Тройник прямой 90° вытяжного прямоугольного сечения		F_o/F_n	ζ_o (в числителе) и ζ_n (в знаменателе) при V_o/V_c				
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
		0,1	0,3/0,2	0,9/0,5	1/0,9	1/1,5	1/2,5
		0,2	-1,7/0,2	0,6/0,4	1/0,8	1/1,3	1/2,1
		0,4	-2,4/0,2	-0,6/0,4	0,7/0,6	1/1	1,1/1,6
		0,6	-21/0,2	-2,7/0,4	0,1/0,6	0,9/0,8	1,1/1,3
		0,8	-37/0,8	-5,5/0,4	-0,7/0,5	0,6/0,7	1,1/1,1
		1	-50/0,3	-8,8/0,4	-1,7/0,5	0,3/0,7	1,1/1
		F_o/F_n	ζ_o (в числителе) и ζ_n (в знаменателе) при V_o/V_c				
			0,6	0,7	0,8	0,9	1
		0,1	1/4,4	1/8,4	1/20	1/82	1/∞
		0,2	1/3,7	1/7,1	1/16,7	1/69	1/∞
		0,4	1,1/2,8	1,1/5,2	1,1/12,3	1,1/51	1,1/∞
		0,6	1,1/2,2	1,2/4,1	1,2/9,5	1,2/39	1,2/∞
		0,8	1,2/1,8	1,3/3,3	1,3/7,6	1,2/31	1,2/∞
1	1,3/1,6	1,3/2,8	1,3/6,3	1,3/25	1,3/∞		
Жалюзийная решетка		$\zeta = 2$					

8. Суммарные потери давления $a\sum(R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z)_{уч}$ расчетного направления сравниваются с располагаемым гравитационным давлением $\Delta p_{гг}$. Если окажется, что $a\sum(R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z)_{уч} \geq \Delta p_{гг}$, то на отдельных участках расчетного направления следует увеличить сечение канала-воздуховода.

Результаты аэродинамического расчета воздуховодов (каналов) заносятся в табл. 29.

Таблица 29

Результаты аэродинамического расчета вентиляционных каналов

Номер участка	Расчетный воздухообмен V , м ³ /ч		Габаритные размеры $A \times B$, мм	Эквивалентный по скорости диаметр участка $d_{экв}$, мм	Площадь сечения f , м ²	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 $R \cdot l \cdot \beta_{ш}$, Па	Динамическое давление $p_{дин}$, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \zeta$	Потери давления в местных сопротивлениях Z , Па	Полные потери давления $(R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z)$, Па	
	1	2													
1															
1															
2															
3															
и т. д.															$\sum(R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z)$, Па

10. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Расчетно-пояснительная записка выполняется на стандартных листах писчей бумаги формата 210×297 мм (A4) с оставлением слева свободного поля 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. 26.

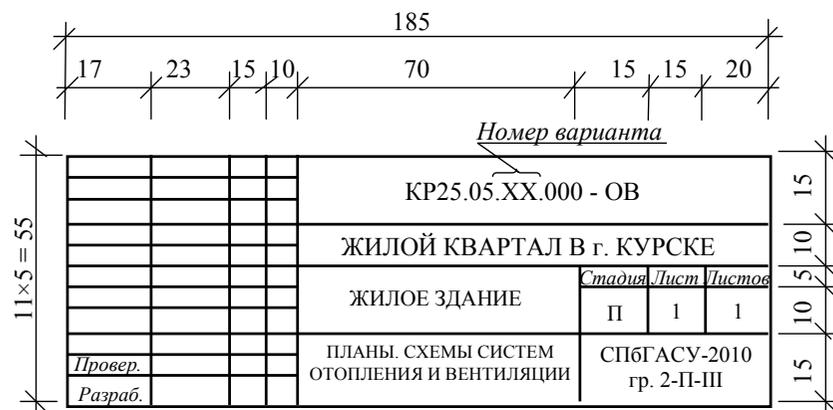


Рис. 26. Основная надпись строительных чертежей

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.), главного стояка (ГСт). 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. 27).

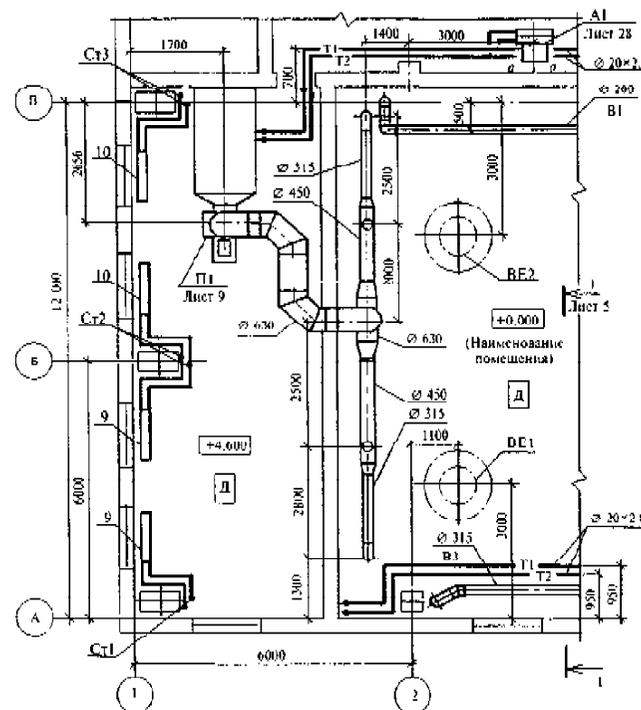


Рис. 27. Пример выполнения плана систем отопления и вентиляции

На схеме системы водяного отопления (фронтальная изометрическая проекция без уменьшения профильной проекции), выполняемой в масштабе 1:100 (рис. 28), 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 расчетного стояка основного циркуляционного кольца;
- 7) теплоизоляция магистральных теплопроводов.

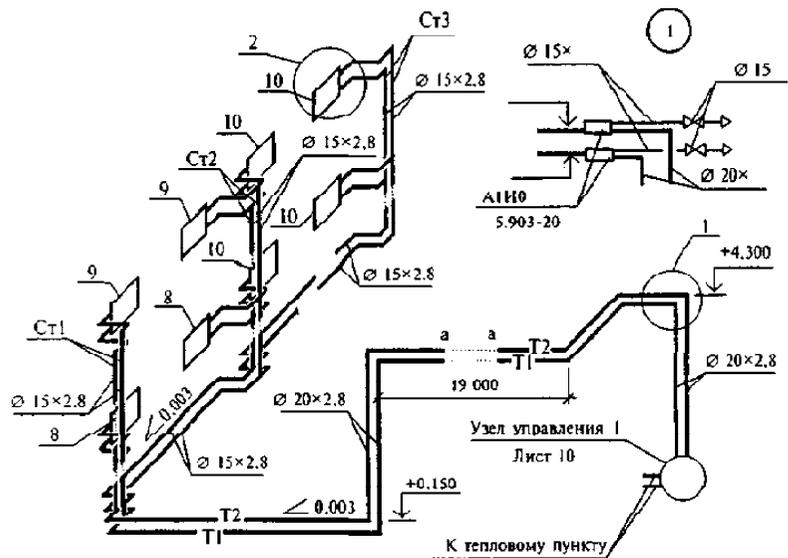


Рис. 28. Пример выполнения схемы системы отопления

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 (см. рис. 24);
- 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. 29, а) или в разрывах линий трубопроводов (рис. 29, б).



Рис. 29. Обозначение трубопровода на чертеже

При указании величины диаметра перед размерным числом следует писать знак \varnothing . Диаметр трубопровода или воздуховода наносится на полке линии-выноски (рис. 30, а). В том случае, когда на полке линии-выноски наносят буквенно-цифровое обозначение трубопровода, его диаметр указывается под полкой линии-выноски (рис. 30, б).



Рис. 30. Указания размера диаметра трубопровода

На планах и схемах перед размерным числом, определяющим величину уклона, наносится знак \angle , острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона. Величина уклона наносится непосредственно над линией контура (рис. 31, а) или на полке линии-выноски (рис. 31, б).



Рис. 31. 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. 32).

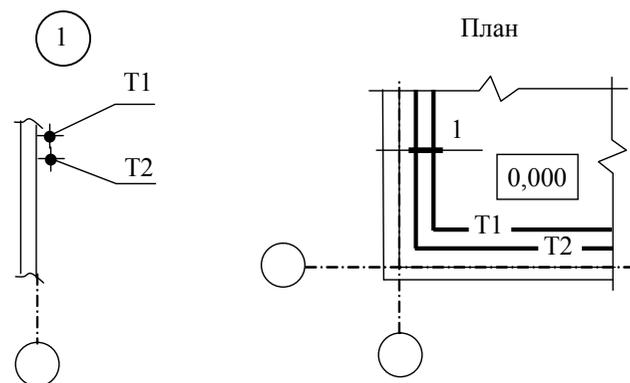


Рис. 32. Изображение трубопроводов, расположенных друг над другом в одной плоскости

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. 33). При этом на горизонтальных участках обязательно указывается фактическое расстояние между фиксированными точками.

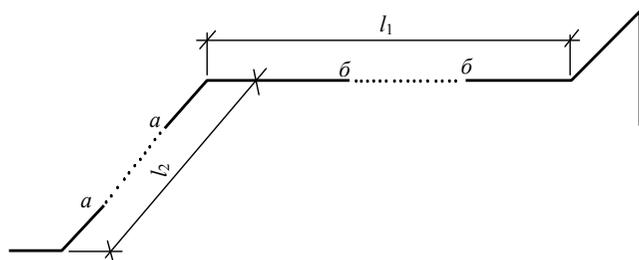
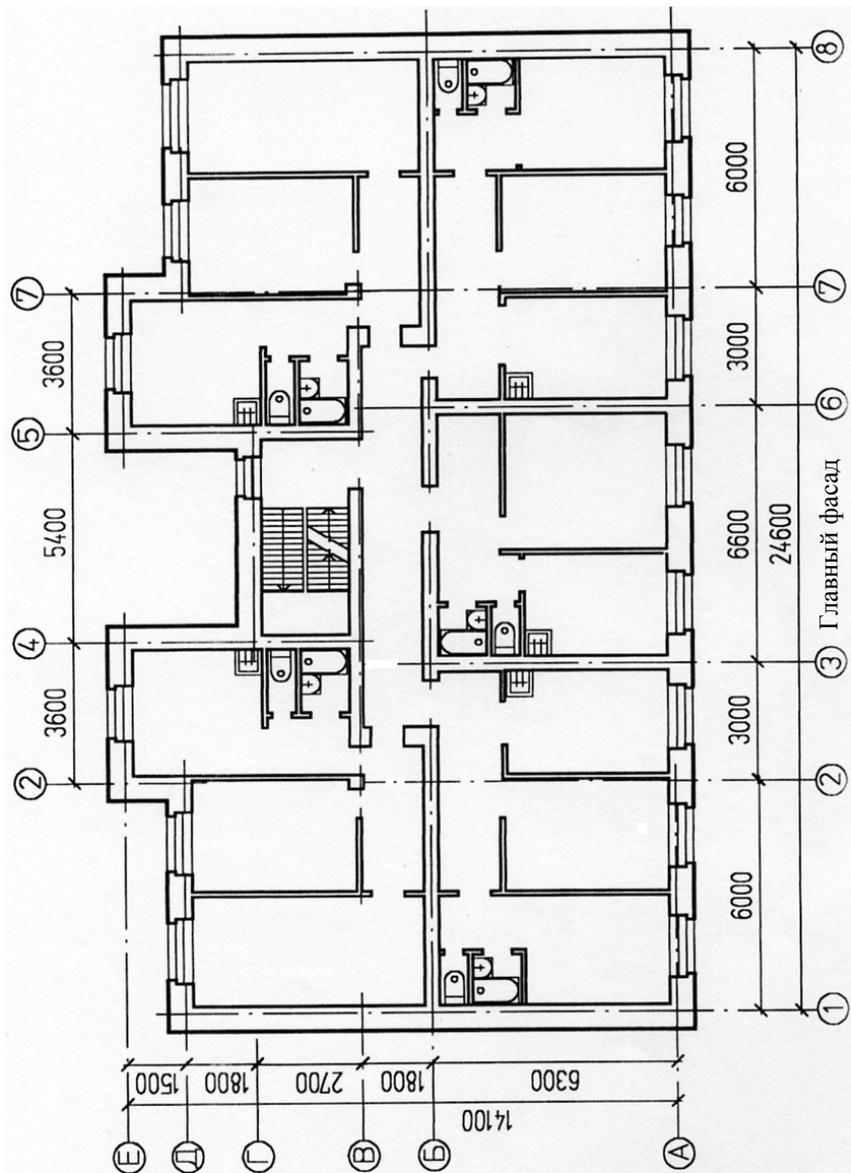


Рис. 33. Изображение разрывов воздухопроводов и трубопроводов

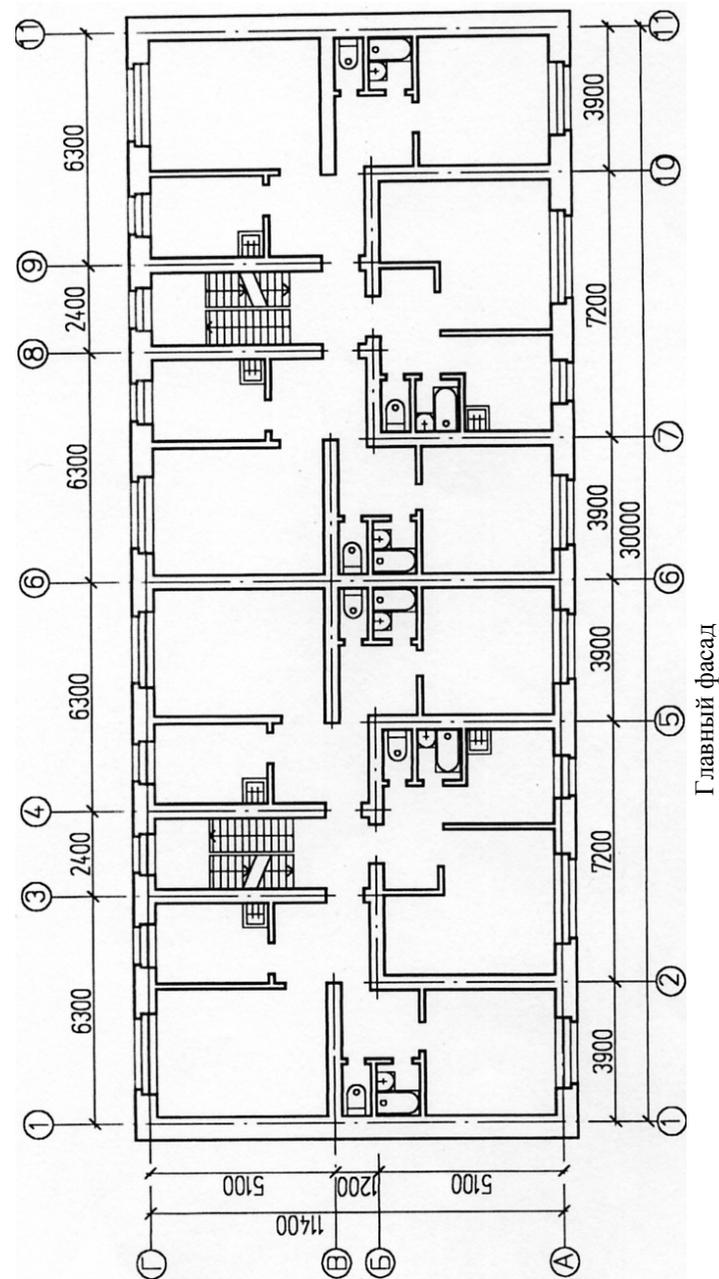
Рекомендуемая литература

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 72 с.
2. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1998. – 29 с.
3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 55 с.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 26 с.
5. ГОСТ 21.602-2003. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: МНТКС, 2004. – 35 с.
6. ГОСТ 30494-96. 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.: Энергоатомиздат, 1983. – 204 с.
9. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканава и др.; под ред. И. Г. Старовойта и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – Ч. 1. – 344 с. – (Справочник проектировщика).
10. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. / 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. – Ч. 3. Кн. 1. – 319 с. – (Справочник проектировщика).
11. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3 ч. Вентиляция и кондиционирование воздуха / 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. – Ч. 3. Кн. 2. – 416 с. – (Справочник проектировщика).
12. Тихомиров, К. В. Теплотехника, теплогасоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов / К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеевко. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.

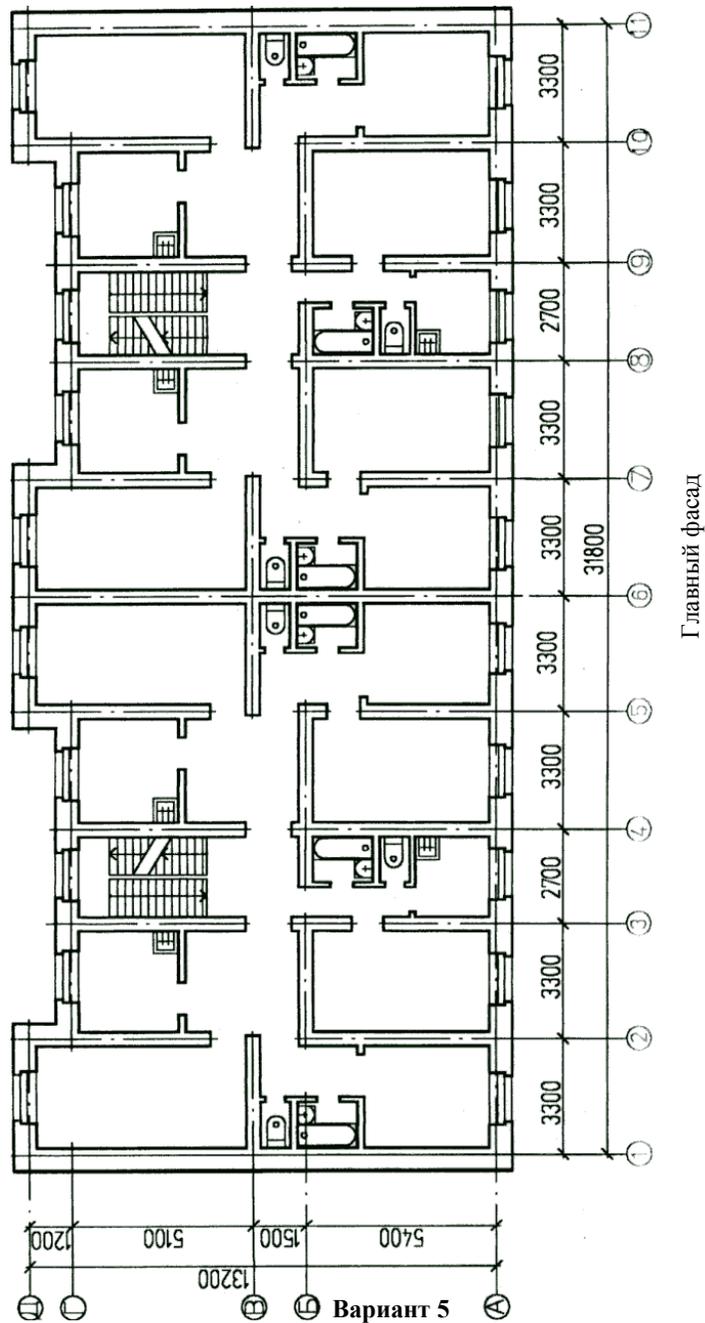
Приложение 1



Вариант 1



Вариант 2



Форма титульного листа пояснительной записки

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

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 курсовой работы	3
1. Исходные данные	4
2. Теплотехнический расчет наружных ограждений	11
3. Расчет тепловых потерь и определение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания	21
4. Характеристика и конструирование системы отопления	26
5. Расчет отопительных приборов	33
6. Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления	39
7. Подбор водоструйного элеватора	47
8. Характеристика и конструирование системы вентиляции	50
9. Определение расчетного воздухообмена и аэродинамический расчет воздуховодов	54
10. Оформление курсовой работы	60
Рекомендуемая литература	65
Приложения	66

Учебное издание

Васильев Владимир Филиппович
Иванова Юлия Витальевна
Суханова Инна Ивановна

ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Редактор О. Д. Камнева
Корректор К. И. Бойкова
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 11.08.10. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 4,2. Тираж 400 экз. Заказ 69. «С» 55.

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

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 5.