



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Методические указания
для проведения практических занятий

«Теплогазоснабжение и вентиляция»

для бакалавров направления подготовки
08.03.01 «Строительство», профиль
подготовки «Промышленное и гражданское
строительство»

Авторы
Сафорян Л.Н.,
Пирожникова А.П.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

Теплогазоснабжение и вентиляция: методические указания для проведения практических знаний для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 (270800.62) «Строительство» профиля подготовки «Промышленное и гражданское строительство».

Содержатся сведения о проектировании и расчете систем отопления и вентиляции коттеджа. При разработке методических указаний использованы материалы, опубликованные в действующих нормативных и справочных документах. Предназначены для студентов всех форм обучения.

Авторы

ассистент
кафедры «Теплогазоснабжение
и вентиляция»
Сафорьян Л.Н.
ст. преподаватель
кафедры «Теплогазоснабжение
и вентиляция»
Пирожникова А.П.



Оглавление

Указания по содержанию и оформлению практических работ	4
Задача 1 Исходные данные для проектирования (согласно заданию).....	4
Задача 2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций.....	8
Задача 3. Расчет потерь теплоты через наружные ограждения	18
Задача 4 Расчет числа секций отопительных приборов.....	20
Задача 5 Расчет теплового потока и расхода теплоносителя системы отопления.....	21
Задача 6 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления	22
Задача 7 Определение воздухообменов элементов гравитационной вентиляции	28
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	30
Приложение А.....	31
Приложение Б.....	41
Приложение В.....	42
Приложение Г.....	43

Указания по содержанию и оформлению практических работ

Практические работы состоят из пояснительной записки и графической части, оформленной в рабочей тетради.

Наименование тем практических занятий:

3-1 Исходные данные для проектирования (согласно заданию)

3-2 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

3-3 Расчет потерь теплоты через наружные ограждения

3-4 Расчет числа секций отопительных приборов

3-5 Расчет теплового потока и расхода теплоносителя системы отопления

3-6 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления

3-7 Определение воздухообменов элементов гравитационной вентиляции

Задача 1 Исходные данные для проектирования (согласно заданию)

В практическом задании предусматривается разработка отопления и вентиляции двухэтажного коттеджа с чердачным перекрытием и полами над холодным подвалом.

Исходные данные для проектирования определяют по шифру (номеру) зачетной книжки.

1.1 Вариант плана коттеджа принимается по приложению А, в соответствии с последней цифрой шифра.

1.2 Район строительства, ориентация фасада с лестничной клеткой, расчетные параметры наружного воздуха [1] принимаются по таблице 1, по числу, образованному двумя последними цифрами шифра.

1.3 Конструкция наружных стен выбирается по таблице 2 по последней цифре шифра.

1.4 Высоту помещения от пола до пола следующего этажа принять равной 3 м. Размер окон для всех вариантов принять 1,4 × 1,8 м. Ширину дверей принять по масштабу в соответствии с чертежом типового этажа, высоту, дверей принять равной 2,1 м.

1.5 Температура теплоносителя в подающей магистрали системы отопления принимается равной 95 °С, в обратной – 70 °С.

1.6 Располагаемое давление на вводе равно 4000 Па.



1.7 В качестве отопительных приборов принять алюминиевые радиаторы (межосевое расстояние 350 мм) Alum 350, с тепловой мощностью одной секции – 140 Вт.

Таблица 1 – Исходные данные для проектирования

Номер задания	Район строительства	Расчетные параметры наружного воздуха			Зона влажности	Ориентация фасада по сторонам света
		температура наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92), $t_{нп}$, °С	средняя температура отопительного периода, $t_{от}$, °С	продолжительность отопительного периода, $Z_{от}$, сут		
1	2	3	4	5	6	7
01 26 51 76	Армавир	-19	0,5	177	Сухая	СВ
02 27 52 77	Архангельск	-31	-4,7	251	Влажная	В
03 28 53 78	Белгород	-23	-2,2	196	Сухая	ЮВ
04 29 54 79	Барнаул	-39	-8,3	219	Нормальная	Ю
05 30 55 80	Брянск	-26	-2,6	206	Нормальная	ЮЗ
06 31 56 81	Владимир	-28	-4,4	217	Нормальная	З
07 32 57 82	Воронеж	-26	-3,4	199	Сухая	СЗ
08 33 58 83	Владивосток	-24	-4,8	201	Влажная	С
09 34 59 84	Волгоград	-25	-3,4	182	Сухая	ЮВ
10 35 60 85	Вологда	-31	-4,8	228	Нормальная	ЮЗ
11 36 61 86	Калининград	-18	0,6	195	Нормальная	СВ
12 37 62 87	Краснодар	-19	1,5	170	Сухая	В
13 38 63 88	Курск	-26	-3,0	198	Нормальная	ЮВ
14 39 64 89	Санкт-Петербург	-26	-2,2	219	Влажная	Ю
15 40 65 90	Миллерово	-25	-2,6	187	Сухая	ЮЗ
16 41 66 91	Москва	-26	-3,6	213	Нормальная	З
17 42 67 92	Нижний Новгород	-30	-4,7	218	Нормальная	СЗ
18 43 68 93	Омск	-37	-9,5	220	Сухая	С
19 44 69 94	Пермь	-35	-6,4	226	Нормальная	ЮВ
20 45 70 95	Псков	-26	-2,0	212	Нормальная	ЮЗ
21 46 71 96	Ростов-на-Дону	-22	-1,1	175	Сухая	СВ
22 47 72 97	Смоленск	-26	-2,7	210	Нормальная	В
23 48 73 98	Тамбов	-28	-4,2	202	Сухая	ЮВ
24 49 74 99	Череповец	-31	-4,3	225	Нормальная	Ю
25 50 75 00	Ярославль	-31	-1,5	222	Нормальная	ЮЗ

Таблица 2 – Материалы ограждающей конструкции

№ варианта	Материалы	Плотность ρ_{oi} , кг/м ³	Толщина, мм	№ варианта	Материалы	Плотность ρ_{oi} , кг/м ³	Толщина, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
0	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15	5	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15
	Сплошной силикатный кирпич	1800	250		Сплошной силикатный кирпич	1800	380
	Маты минераловатные прошивные	125	$\delta_{yt.=?}$		Маты минераловатные прошивные	125	$\delta_{yt.=?}$
	Сплошной силикатный кирпич	1800	120		Пустотный силикатный кирпич	1400	140
1	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15	6	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15
	Сплошной силикатный кирпич	1800	250		Сплошной силикатный кирпич	1800	380
	Маты минераловатные прошивные	125	$\delta_{yt.=?}$		Плиты минераловатные полужесткие	100	$\delta_{yt.=?}$
	Пустотный силикатный кирпич	1500	120		Керамический пустотный кирпич	1200	120
2	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15	7	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15
	Керамический пустотный кирпич	1600	250		Сплошной силикатный кирпич	1800	250
	Плиты минераловатные полужесткие	200	$\delta_{yt.=?}$		Маты минераловатные прошивные	75	$\delta_{yt.=?}$
	Керамический пустотный кирпич	1600	120		Сплошной силикатный кирпич	1800	120
3	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15	8	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15
	Сплошной силикатный кирпич	1800	250		Сплошной силикатный кирпич	1800	120
	Плиты минераловатные полужесткие	100	$\delta_{yt.=?}$		Маты минераловатные прошивные	125	$\delta_{yt.=?}$
	Керамический пустотный кирпич	1400	120		Пустотный силикатный кирпич	1500	120
4	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15	9	Штукатурка (ц/п раствор)	1800	15
	Керамический пустотный кирпич	1400	380		Керамический пустотный кирпич	1200	380
	Плиты минераловатные полужесткие	200	$\delta_{yt.=?}$		Плиты минераловатные полужесткие	100	$\delta_{yt.=?}$
	Керамический пустотный кирпич	1600	120		Керамический пустотный кирпич	1200	120

Задача 2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Цель расчета определить нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (наружной стены) $R_o^{тп}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, в соответствии с требованиями [2], рассчитать толщину слоя утеплителя, данные округляют до 10 мм в сторону увеличения, найти фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_o^{\text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R_o^{\text{норм}} = R_o^{\text{тп}} \cdot m_p, \quad (1)$$

где $R_o^{\text{тп}}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$, региона строительства и определять по таблице 3;

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, $m_p = 1$

Значения $R_o^{тп}$ для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_o^{тп} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (2)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $\text{°C} \cdot \text{сут}$, для конкретного пункта;

a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблице 3.

Таблица 3 – Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [2]

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода $ГСОП$, °С·сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{\sigma TP}$, м ² ·°С/Вт, ограждающих конструкций				
		стен	покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	окон и балконных дверей, витрин и витражей	фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55	
a	–	0,00035	0,0005	0,00045	–	0,000025
b	–	1,4	2,2	1,9	–	0,25

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

$$ГСОП = (t_{в} - t_{om}) \cdot Z_{om}, \quad (3)$$

где $t_{в}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по минимальным значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494- 2011 или в соответствии с таблицей 4.

$t_{от}$, $Z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода,

принимаемые по таблице 1, для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С.

Таблица 4 – Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного периода года [2]

Тип здания	Температура воздуха внутри здания, °С	Допустимая относительная влажность воздуха, %
Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	20*+2	55+5
*21 °С в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °С и ниже		

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

Сопротивление теплопередаче $R_{o\text{ норм}}$, м²·°С/Вт, входных дверей принимается равным 0,6 $R_{o\text{ ст}}$, где $R_{o\text{ ст}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче стен, определяемое по формуле

$$R_o^{mp} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t_{\text{н}} \alpha_{\text{в}}}, \quad (4)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 5 [2]; $\Delta t_{\text{н}}$ – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$ и температурой внутренней поверхности $t_{\text{в}}$ ограждающей конструкции, °С, принимаемый по таблице 6 [2];

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице 7[2];

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха °С;

t_n – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по таблице 1.

Таблица 5 – Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху [2]

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

Таблица 6 – Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [2]

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад, Δt_n , °С, для		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0

Таблица 7 – Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции [2]

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$, Вт/(м ² · °С)
Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию, a между гранями соседних ребер $\frac{h}{a} \geq 0,3$	8,7
Окон	8,0

Термическое сопротивление, R , м²·°С/Вт, однородного слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R = \delta / \lambda, \quad (5)$$

где δ – толщина слоя, м;
 λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°С), принимаемый по таблице 10, в зависимости от условий эксплуатации принимаемых по таблице 8

Таблица 8 – Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности [2]

Влажностный режим помещения	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухая	нормальная	влажная
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный, мокрый	Б	Б	Б

Термическое сопротивление ограждающей конструкции, R_k , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев по формуле

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (6)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, определяемые по формуле (4).

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле

$$R_o = R_g + R_k + R_n, \quad (7)$$

где $R_g = 1/\alpha_g$, α_g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по таблице 7;

$R_n = 1/\alpha_n$, α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по таблице 9 [2];

Таблица 9 – Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции [2]

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий $\alpha_{нз}$, Вт/(м ² ·°С)
1	2
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий чердачных и над холодными подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12

Таблица 10 – Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций [2]

Материал	Плотность кг/м ³	Расчетные коэффициенты теплопроводности, λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации	
		3 (А)	4 (Б)
Конструкционные материалы			
Цементно-песчаный раствор	1800	0,76	0,93
Цементно-шлаковый раствор	1400	0,52	0,64
Кирпичная кладка из сплошного кирпича			
Глиняного обыкновенного	1800	0,70	0,81
Силикатного	1800	0,76	0,87
Кирпичная кладка из кирпича пустотного			
Керамического	1600	0,58	0,64
- // -	1400	0,52	0,58
- // -	1200	0,47	0,52

Окончание таблицы 10

1	2	3 (А)	4 (Б)
Силикатного	1500	0,70	0,81
- // -	1400	0,64	0,76
Маты минераловатные прошивные	125	0,064	0,07
- // -	75	0,06	0,064
- // -	50	0,052	0,06
Плиты минераловатные полужесткие	350	0,09	0,11
- // -	300	0,087	0,09
- // -	200	0,076	0,08
- // -	100	0,06	0,07
- // -	50	0,052	0,06
Плиты минераловатные повышенной жесткости	200	0,07	0,076
Пенополистирол	150	0,052	0,06
- // -	100	0,041	0,052
- // -	40	0,041	0,05
Пенопласт	125	0,06	0,064
- // -	100	0,05	0,052
Гравий керамзитовый	800	0,20	0,23
- // -	600	0,16	0,20

Толщина слоя утеплителя, м, определяется по формуле

$$\delta_{ym} = \lambda_{ym} \cdot \left[R_o^{mp} - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right], \quad (8)$$

где $\delta_1, \dots, \delta_n$ – толшины слоев, м

Найденное значение толщины слоя утеплителя округляют в большую сторону до 10 мм. После этого определяют фактическое сопротивление теплопередаче по формуле (6).

Для расчета трансмиссионных потерь теплоты удобно пользоваться величиной, обратной приведенному сопротивлению теплопередаче R_o , называемой коэффициентом теплопередачи, Вт/(м²·°С) по формуле

$$K = \frac{1}{R_o} \quad (9)$$

Требуемое сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей определяют по таблице 3, исходя из ГСОП, затем по таблице 12 выбирают конструкцию световых проемов. В расчете трансмиссионных потерь теплоты через окна и балконные двери используют приведенное сопротивление теплопередаче в соответствии с таблицей 11.

Таблица 11 – Уровни теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и пластмассовых переплетах

Заполнение светопроемов	Нормативные требования по типам окон ($R_o^{норм}$, м ² ·°С/Вт и ГСОП °С·сут)		
	из обычного стекла	с твердым селективным покрытием	с мягким селективным покрытием
1	2	3	4
Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете	0,38/3067	0,51/4800	0,56/5467
Два стекла в спаренных переплетах	0,4/3333	–	–
Два стекла в отдельных переплетах	0,44/3867	–	–
Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете с межстекольным расстоянием, мм:			
6	0,51/4800		
12	0,54/5200	0,58/5733	0,68/7600
Три стекла в отдельно-спаренных переплетах	0,55/5333	–	–
Стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах	0,56/5467	0,65/7000	0,72/8800

Окончание таблицы 11

1	2	3	4
Стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах	0,68/7600	0,74/9600	0,81/12400
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7/8000	–	–
Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,74/9600	–	–
Четыре стекла в двух спаренных переплетах	0,8/12000	–	–
<p><i>Примечание</i></p> <p>– Перед чертой – значение приведенного сопротивления теплопередаче $R_o^{норм}$, за чертой – предельное количество градусо-суток ГСОП, при котором применимо заполнение светопроема</p>			

Результаты теплотехнического расчета свести в таблице 12

Таблица 12 – Результаты теплотехнического расчета

Наименование ограждения	$R_o^{норм}$, $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	R_o , $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	K , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$
стены			
перекрытие			
покрытие			
окна			
двери			

Задача 3. Расчет потерь теплоты через наружные ограждения

Расчет выполняется согласно указаниям СП 60.13330.2012 [4].

Для удобства выполнения расчетов помещения нумеруют на плане этажа, начиная с левого верхнего: 1, 2, 3 и т.д., тогда соответствующие помещения на первом этаже будут 101, 102, 103 и т.д.; на втором этаже 201, 202, 203 и т.д., лестничная клетка обозначается буквами ЛК.

Коттедж необходимо ориентировать по сторонам света в соответствии с заданием, для чего на эскизе над планом этажа наносится роза ветров с указанием сторон света. Наименование ограждающих конструкций целесообразно обозначать сокращенно: ДО – двойное остекление; ОО – одинарное остекление, ДД – двойные двери, ПТ – потолок, ПЛ – пол, НС – наружная стена. Линейные размеры и площади ограждающих конструкций определяются с точностью до 0,1 м и 0,1 м² соответственно.

При вычислении площади стен удобнее не вычитать из площади стен площадь окон, а величину коэффициента теплопередачи окна – $K_{ок}$ принимать уменьшенной на величину коэффициента теплопередачи стены – $K_{ст}$.

При наличии в наружной стене входной двери при расчете потерь теплоты через нее следует вычитать из площади стены площадь входной двери. Потери теплоты между помещениями через перегородки рассчитывают при разности температур между ними более 3 °С.

Расчет потерь теплоты ведется в следующей последовательности:

1. Трансмиссионные потери теплоты, то есть потери теплоты за счет теплопередачи, через отдельные ограждающие конструкции определяют для одной угловой и одной средней комнат каждого этажа в отдельности, Q_o , Вт, по формуле

$$Q_o = A \cdot (t_{в} - t_{н}) \cdot (1 + \Sigma\beta) \cdot n \cdot K, \quad (10)$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м², в соответствии с правилами обмера площадей ограждающих конструкций;

K – коэффициент теплопередачи, м²·°С/Вт, ограждающей конструкции в соответствии с теплотехническим расчетом;

t_b – расчетная температура воздуха в помещении, °С;
 t_n – расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С, равная температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;
 β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь; следует принимать: для наружных стен, окон и дверей, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1; на юго-восток и запад – в размере 0,05; для наружных входных дверей при высоте здания h (м): от 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 и 0,22 h – для одинарных дверей;
 n – то же, что в формуле (3)

2. Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха, по упрощенной методике следует определять по формуле

$$Q_i = 0,28L_n \cdot \rho \cdot c(t_b - t_n) \cdot k, \quad (11)$$

где L_n – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч, принимаемый равным 3 м³/ч на 1 м² пола жилых помещений;
 c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);
 t_b, t_n – расчетные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);
 ρ – плотность воздуха в помещении, принимается равной 1,2 кг/м³;
 k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов

3. Суммарные бытовые поступления теплоты, Вт, за счет внутренних источников (электробытовые и осветительные приборы, кухонные плиты и пр.) в жилые комнаты и кухни, следует принимать не менее 10 Вт на 1 м² пола

$$Q_{\text{быт.}} = 10 \cdot A_{\text{пола}}, \quad (12)$$

где $A_{\text{пола}}$ – площадь пола жилой комнаты или кухни, м²
 4 Потери теплоты каждого отапливаемого помещения рассчитываются с округлением до 10 Вт

$$Q_n = \sum Q_o + Q_i - Q_{\text{быт.}} \quad (13)$$

Потери теплоты каждого помещения заносят в таблицу расчета потерь теплоты (приложение Б, таблица Б.1).

Задача 4 Расчет числа секций отопительных приборов

Для отопления коттеджа следует запроектировать нижнюю разводку трубопроводов к стоякам – магистральями и двухтрубную горизонтальную поэтажную разводку к отопительным приборам.

Указания по проектированию системы отопления

Проектирование системы отопления выполняют в следующей последовательности:

1. Вычерчивают план. На планах должны быть указаны оси здания с размерами между ними, а также ориентация коттеджа по сторонам света.

2. На планах размещают отопительные приборы, как правило, под световыми проемами (в случае невозможности – у наружных стен).

3. В специально выгороженных помещениях размером не менее 1000х500 мм размещают подающий и обратный стояки.

4. Прокладка трубопроводов скрытая, в плинтусах и штрабах.

5. Для удаления воздуха из системы в верхних точках стояков необходимо предусматривать воздухоотборники и на каждом отопительном приборе воздушные краны верхних пробках радиаторов.

6. Для трубопроводов, скорость движения теплоносителя в которых менее 0,25 м/с, необходимо предусмотреть уклон для подающих и обратных трубопроводов в сторону стояков. Уклон принимается равным 0,003 (3 мм на 1 м).

7. Для регулирования и отключения отдельных веток, а также отопительных приборов системы отопления, необходимо предусмотреть запорную арматуру на ответвлениях на каждый этаж, а также терморегуляторы и клапаны для спуска

теплоносителя соответственно на подающей и обратной подводках к отопительным приборам.

8. Для опорожнения системы и каждого ответвления следует предусмотреть клапаны для слива.

9. На схеме системы отопления после всех необходимых расчетов должны быть нанесены следующие элементы:

а) диаметры каждого участка подающей и обратной магистрали;

б) уклоны на подающей и обратной магистралях;

в) отметки осей трубопроводов подающей и обратной магистрали;

г) запорно-регулирующая арматура с указанием диаметра и марки.

д) число секций отопительных приборов

Для расчета необходимого числа секций необходимо знать теплоотдачу одной секции радиатора и теплотери данного помещения. Количество секций радиаторов находят как отношения теплотери помещения к тепловой мощности одной секции радиатора.

Задача 5 Расчет теплового потока и расхода теплоносителя системы отопления

Тепловой поток системы отопления во всех случаях больше расчетных теплотерь отапливаемого здания из-за неизбежного завышения поверхностей принимаемых к установке отопительных приборов (за счет округления их до ближайшего типоразмера или целого числа секций), теплоотдачи трубопроводов в неотапливаемых помещениях, увеличенных теплотерь «зарadiatorными» участками наружных ограждений.

Тепловой поток системы отопления $Q_{c.o}$, кВт, следует определять по формуле

$$Q_{c.o} = Q_1 + Q_d, \quad (14)$$

где Q_1 – расчетные теплотери отапливаемого здания, кВт;
 Q_d – дополнительные потери теплоты, связанные с остыванием теплоносителя в подающих и обратных магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях, кВт. Ориентировочно их можно принять равными 5% от Q_1 .

Расход теплоносителя $G_{гч}$, кг/ч, в системе, ветви или стояке системы отопления определяется по формуле

$$G_{уч} = \frac{3,6 \cdot Q_{c.o}}{c \cdot \Delta t} \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (15)$$

- где $Q_{c.o}$ – расчетный тепловой поток, определенный по формуле (14), Вт, в системе, отдельной ветви или стояке;
 Δt – разность температур, °С, теплоносителя на входе и выходе из системы, ветви или стояка. При предварительном расчете Δt рекомендуется принимать на 1°С меньше расчетного перепада температур теплоносителя в системе отопления;
 c – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 КДж/(кг·°С);
 β_1 – коэффициент, учитывающий теплоотдачу дополнительной площади принимаемых к установке отопительных приборов за счет округления сверх расчетной площади, $\beta_1 = 1,03$;
 β_2 – коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери из-за размещения отопительных приборов у наружных ограждений, $\beta_2 = 1,02$

Задача 6 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления

Цель гидравлического расчета – определение экономичных диаметров трубопроводов при заданных тепловых нагрузках и располагаемом перепаде давления теплоносителя.

Гидравлический расчет выполняют после того, как вычерчена аксонометрическая схема и на нее нанесены все элементы (воздухосборники, запорно-регулирующая арматура и т.д.).

Гидравлический расчет выполняют по методу удельных потерь давления. Расчет делают для основного циркуляционного кольца через дальний прибор отопления и циркуляционного кольца через ближний прибор. Задача расчета состоит в подборе диаметров отдельных участков циркуляционных колец таким образом, чтобы суммарные потери давления между ними $\Sigma(R+Z)$ различались не более чем на 15%, а суммарные потери давления главного циркулярного кольца от располагаемого напора – не более чем на 5-10 %.

Результаты расчета сводятся в таблицу (приложение Б, таблица Б.2).

Последовательность гидравлического расчета системы отопления:

1. На аксонометрической схеме системы отопления (смотреть приложение Г) определяются контуры дальнего и ближнего

циркуляционных колец, подающая магистраль, стояки, отопительные приборы этажей, обратная магистраль. Циркуляционные кольца разбивают на участки, характеризующиеся постоянным расходом теплоносителя и неизменным диаметром. Каждый расчетный участок обозначают порядковым номером, в числителе указывают его тепловую нагрузку, в знаменателе – длину.

2. Расчет следует начинать с кольца через дальний отопительный прибор. Определяют необходимый расход теплоносителя на каждом участке G_{yc} , кг/ч, по формуле (14). При расчете расхода теплоносителя в стояках (ветвях) системы $\Delta t = t_r - t_0$ рекомендуется принимать на 1 °С меньше расчетного перепада температур в системе отопления.

3. Определяют средние удельные потери давления на трение по длине расчетного циркуляционного кольца, Па/м

$$R_{cp} = \frac{0,65 \cdot 0,9 \cdot \Delta P_p}{\Sigma l}, \quad (16)$$

где 0,65 – доля потерь давления на трение;

ΔP_p – располагаемое давление системы, Па;

Σl – общая длина расчетного циркуляционного кольца, м

4. Ориентируясь на R_{cp} , по таблице 13 для расчетного расхода G_{yc} подбирают диаметры участков так, чтобы скорость движения воды в трубах не превышала 1,5 м/с. По принятому диаметру участка d_{yc} и расчетному расходу G_{yc} определяют действительное значение R , Па/м, и скорость движения воды, w , м/с.

5. По величине скорости определяют значения динамического давления, $P_{дr}$, Па, (таблице 14) для всех участков.

6. Определяют сумму коэффициентов местных сопротивлений, $\Sigma \xi$, на каждом рассчитываемом участке (таблица 15). В расчетно-пояснительной записке приводятся принятые значения коэффициентов местных сопротивлений на каждом участке. Умножая сумму коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \xi$ на $P_{дr}$, находят величину потерь давления в местных сопротивлениях Z , Па. Местное сопротивление, находящееся на границе двух участков, следует относить к участку с меньшим расходом теплоносителя.

7. Определяют полные потери давления на каждом участке, складывая потери давления на трение по длине участка R и потери

давления в местных сопротивлениях Z . Потери давления всего циркуляционного кольца будут равны сумме потерь давления на всех участка, т.е. $\Sigma(Rl+Z)$.

8. Проверяют правильность гидравлического расчета, исходя из условий, что суммарные потери давления в кольце через дальний отопительный прибор $\Sigma(Rl+Z_{д.от.пр.})$ не должны превышать

$0,9\Delta P_i$, т.е. должно выполняться условие

$$\Sigma(Rl + Z)_{д.от.пр.} \leq 0,9 \cdot \Delta P_i, \quad (17)$$

Если эти условия не выполняются, то необходимо на отдельных участках изменить диаметры труб.

ΔP_i – располагаемое давление на вводе.

Таблица 13 – Таблица для гидравлического расчета трубопроводов систем водяного отопления $t_r=95$ °C, $t_o=70$ °C и $k=0,2$ мм

Удельные потери давления на трение R, Па/м	Количество проходящей воды G , кг/ч (верхняя строка), скорость движения воды w , м/с (нижняя строка), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262-75) условным проходом d , мм						
	15x2,5	20x2,5	25x2,8	32x2,8	40x3,0	50x3,0	70x3,2
1	2	3	4	5	6	7	8
28	91	221	391	840	1261	2645	4702
	0,135	0,171	0,19	0,233	0,265	0,312	0,35
32	98	237	416	902	1357	2740	5043
	0,145	0,183	0,202	0,25	0,284	0,334	0,383
36	106	256	441	964	1444	2814	5350
	0,156	0,195	0,214	0,267	0,304	0,356	0,409
40	112	267	467	1026	1524	2973	5657
	0,164	0,206	0,226	0,284	0,321	0,376	0,433
50	126	297	530	1149	1710	3336	6339
	0,186	0,23	0,257	0,318	0,36	0,422	0,485
60	139	324	593	1270	1866	3699	6971
	0,205	0,25	0,288	0,352	0,393	0,468	0,533
70	151	351	635	1369	2022	3988	7534
	0,223	0,271	0,308	0,379	0,426	0,504	0,576
80	162	377	677	1467	2178	4276	8066
	0,239	0,291	0,328	0,406	0,458	0,54	0,618

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8
90	173	404	719	1554	2309	4543	8567
	0,255	0,312	0,348	0,43	0,486	0,574	0,655
100	183	430	759	1632	2431	4788	9035
	0,269	0,332	0,369	0,452	0,512	0,605	0,691
120	201	469	835	1786	2674	5250	9899
	0,295	0,362	0,405	0,494	0,563	0,664	0,757
140	216	507	904	1939	2895	5686	10584
	0,318	0,392	0,438	0,537	0,609	0,719	0,81

Примечание: k – шероховатость внутренней поверхности труб

Таблица 14 – Значение динамического давления P_d при гидравлическом расчете систем водяного отопления

Скорость воды, м/с	P_d , Па	Скорость воды, м/с	P_d , Па
1	2	3	4
0,01	0,05	0,37	67,67
0,02	0,2	0,38	70,61
0,03	0,45	0,39	74,53
0,04	0,8	0,4	78,45
0,05	1,23	0,41	82,37
0,06	1,77	0,42	86,3
0,07	2,45	0,43	91,2
0,08	3,14	0,44	95,13
0,09	4,02	0,45	99,08
0,1	4,9	0,46	103,98
0,11	5,98	0,47	108,89
0,12	7,06	0,48	112,82
0,13	8,34	0,49	117,71
0,14	9,61	0,5	122,61
0,15	11,08	0,51	127,52
0,16	12,56	0,52	131,37
0,17	14,22	0,53	138,31
0,18	15,89	0,54	143,21
0,19	17,75	0,55	149,09

Окончание таблицы 14

1	2	3	4
0,2	19,61	0,56	154,00
0,21	21,57	0,57	159,88
0,22	23,53	0,58	165,77
0,23	26,48	0,59	170,67
0,24	28,44	0,6	176,55
0,25	30,44	0,61	183,42
0,26	33,34	0,62	189,3
0,27	36,29	0,65	207,88
0,28	38,25	0,68	227,48
0,29	41,19	0,71	248,07
0,3	44,13	0,74	268,67
0,31	47,08	0,77	291,23
0,32	49,99	0,8	314,79
0,33	53,93	0,85	355,0
0,34	56,88	0,9	398,18
0,35	59,82	0,95	443,29
0,36	63,74	1,0	490,3

Таблица 15 – Коэффициенты местных сопротивлений для различных элементов систем отопления (приближенные значения)

Элементы систем отопления	Условный проход труб d, мм					
	15	20	25	32	40	≥50
1	2	3	4	5	6	7
Радиаторы двухколонные	2	2	2	2	2	2
Внезапное расширение	1	1	1	1	1	1
сужение	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отступы	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Компенсаторы:						
П-образные	2	2	2	2	2	2
сальниковые	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отводы:						
90° и утки	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2
широкие	1	1	1	1	1	1
Скобы	3	2	2	2	2	2
Тройники:						
на проходе	1	1	1	1	1	1
на ответвлении	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке	3	3	3	3	3	3
Крестовины:						
на проходе	2	2	2	2	2	2
на ответвлении	3	3	3	3	3	3
Вентили:						
обыкновенные	16	10	9	9	8	7
прямоточные	3	3	3	2,5	2,5	2
Задвижки	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
Краны:						
проходные	4	2	2	2	-	-
двойной регулировки	4	2	2	-	-	-
Трехходовой кран:						
при повороте потока	3	3	4,5	-	-	-
прямом проходе	2	1,5	2	-	-	-

Задача 7 Определение воздухообменов элементов гравитационной вентиляции

В коттеджах следует предусматривать вентиляцию с естественным побуждением, кратность воздухообмена в помещениях следует принимать в соответствии с таблицей 16.

Вытяжная общеобменная вентиляция с естественным побуждением жилых комнат осуществляется через вытяжные каналы кухонь, уборных, ванных, а приточный воздух поступает в жилые комнаты и кухню за счет инфильтрации.

Объединение вентиляционных каналов из кухонь, уборных, ванных не допускается, также не допускается объединение каналов с разных этажей в зданиях до 5 этажей. Вентиляционные каналы не разрешается устраивать в наружных стенах.

Вытяжные вентиляционные каналы чаще всего размещают в кирпичных стенах, расположенных внутри здания. Размеры каналов принимают кратными $1/2$ кирпича, минимальная толщина стенок каналов и толщина простенков между ними – $1/2$ кирпича. Наиболее часто поперечное сечение каналов принимают равным 140×140 или 140×270 мм, в соответствии с расчетом. При отсутствии примыкания санузлов и кухонь к кирпичным стенам вытяжные каналы выполняют приставными из гипсошлаковых, шлакобетонных плит или других материалов.

Нормы вытяжки из вспомогательных помещений приведены в таблице 16.

Если правая часть неравенства больше левой, т.е. сумма рассчитанных воздухообменов жилых комнат больше суммы нормируемых воздухообменов кухни, ванной и отдельного санузла (или кухни и совмещенного санузла), то следует увеличить расход воздуха, удаляемого посредством вытяжных каналов, до необходимой величины, обычно из кухни.

Площадь сечения вентиляционных каналов и живого сечения жалюзийных решеток

$$A_{в.к.(в.р.)} = \frac{L}{3600 \cdot v}, \quad (18)$$

где v – скорость воздуха в канале или вентиляционной решетке, м/с, принять в соответствии с таблице 17;
 L – расход воздуха в канале, м³/ч

Размер жалюзийных решеток принимается по приложению В, в зависимости от площади живого сечения.

На чертеже II этажа показывают вентиляционные каналы со всех этажей и их размеры. На чертеже плана I этажа показывают вентиляционные каналы из кухни, ванной и санузла 1-го этажа и выносной указывают сечение каналов, количество и сечение вентиляционных решеток.

Таблица 16 – Кратность воздухообмена в помещениях жилых зданий

Помещение	Кратность или величина воздухообмена, м ³ / час, не менее	
	в нерабочем режиме	в режиме обслуживания
Спальная, общая, детская комнаты	0,2	1,0
Кухня с электроплитой	0,5	60 м ³
Помещение с газоиспользующим оборудованием	1,0	1,0 + 100 м ³ на плиту
Ванная, душевая, уборная, совмещенный санузел	0,5	25 м ³

Таблица 17 – Ориентировочные скорости движения воздуха в системах естественной вентиляции

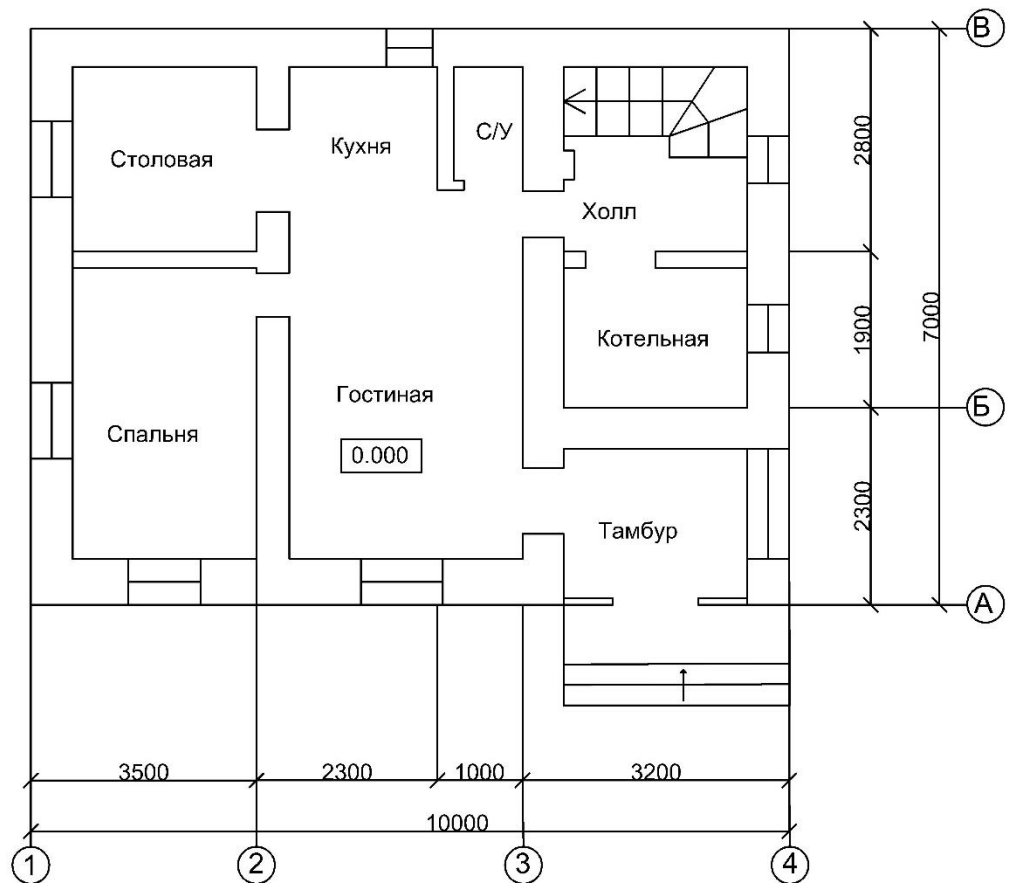
Элементы вентиляционной системы	Скорость, <i>v</i> , м/с
Вертикальные каналы (1-й –3-й этаж)	0,8 – 0,9
Вентиляционные решетки	0,5 – 1,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

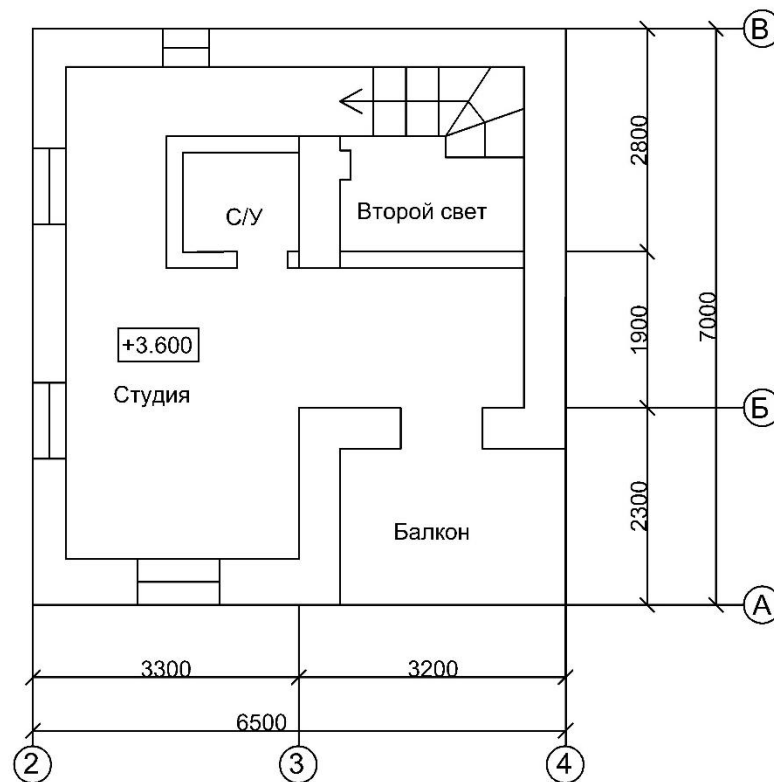
1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – Введ. 2013-01-01. – М.:Изд-во стандартов, 2012 – 113с.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23.02.2003. – Введ. 2013-07-01. – М.:Изд-во стандартов, 2012 – 100с.
3. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий. – Введ. 2004-06-01. – М.: Госстрой России, 2005. – 132с.
4. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2013-01-01. – М.:Изд-во стандартов, 2013 – 67с.
5. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление/ под ред. И.Г. Старовойта и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990.– 344с.
6. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция. – М.: Стройиздат, 1980. – 296с.
7. Штокман Е. А. Основы отопления и вентиляции: Учебно-практическое пособие - Ростов н/Д. : Феникс, 2011. – 345 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

План первого этажа

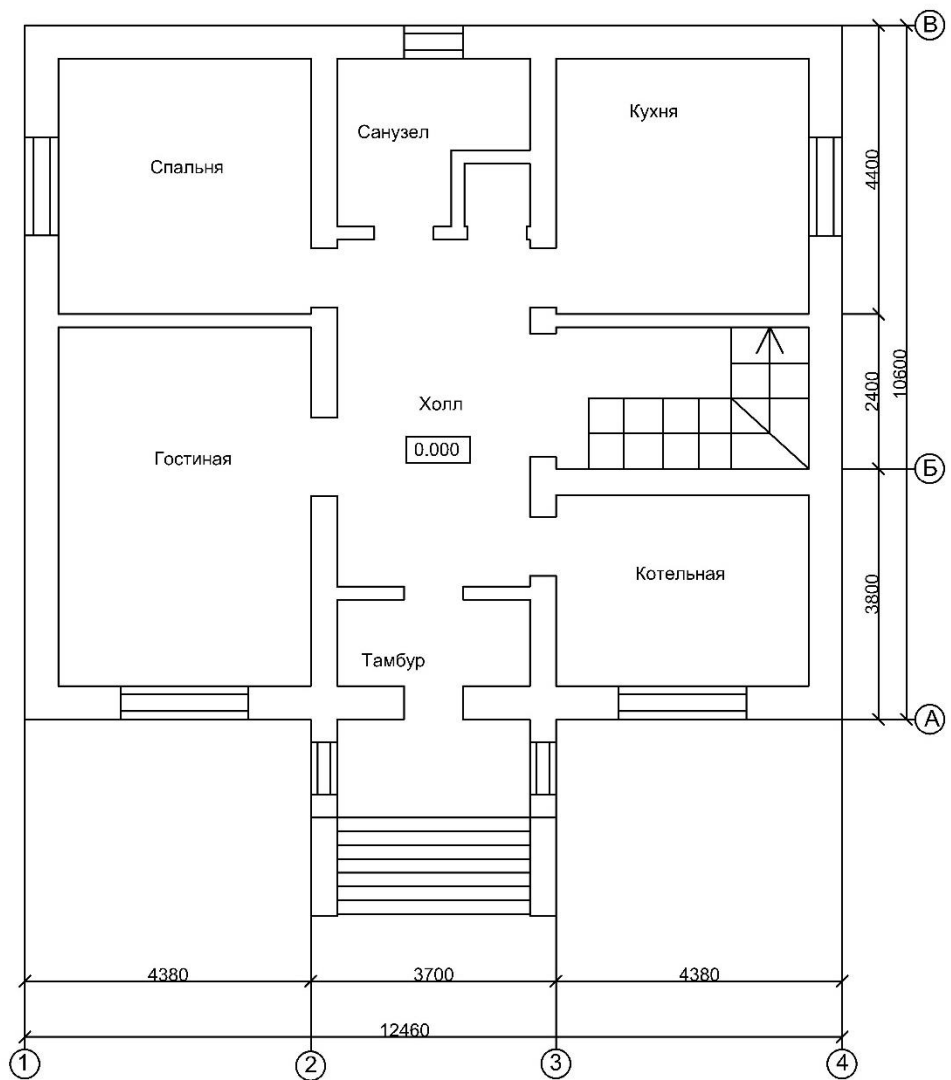


План второго этажа

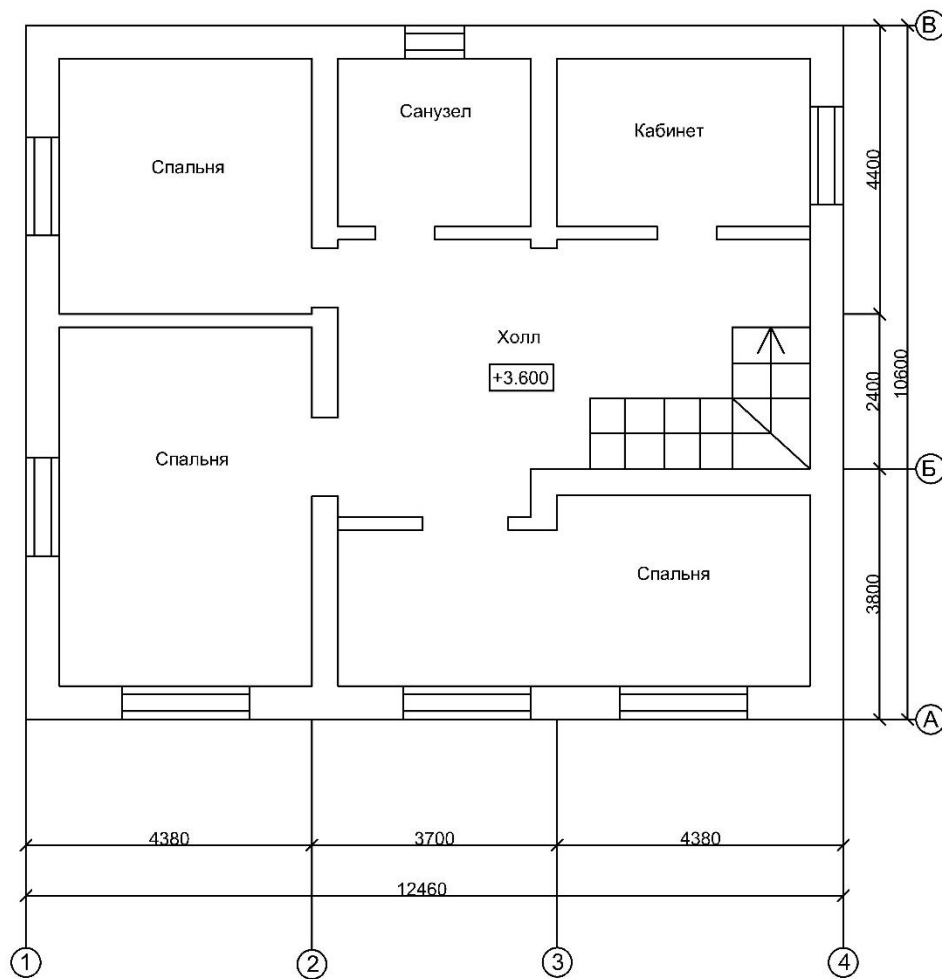


Вариант 1

План первого этажа

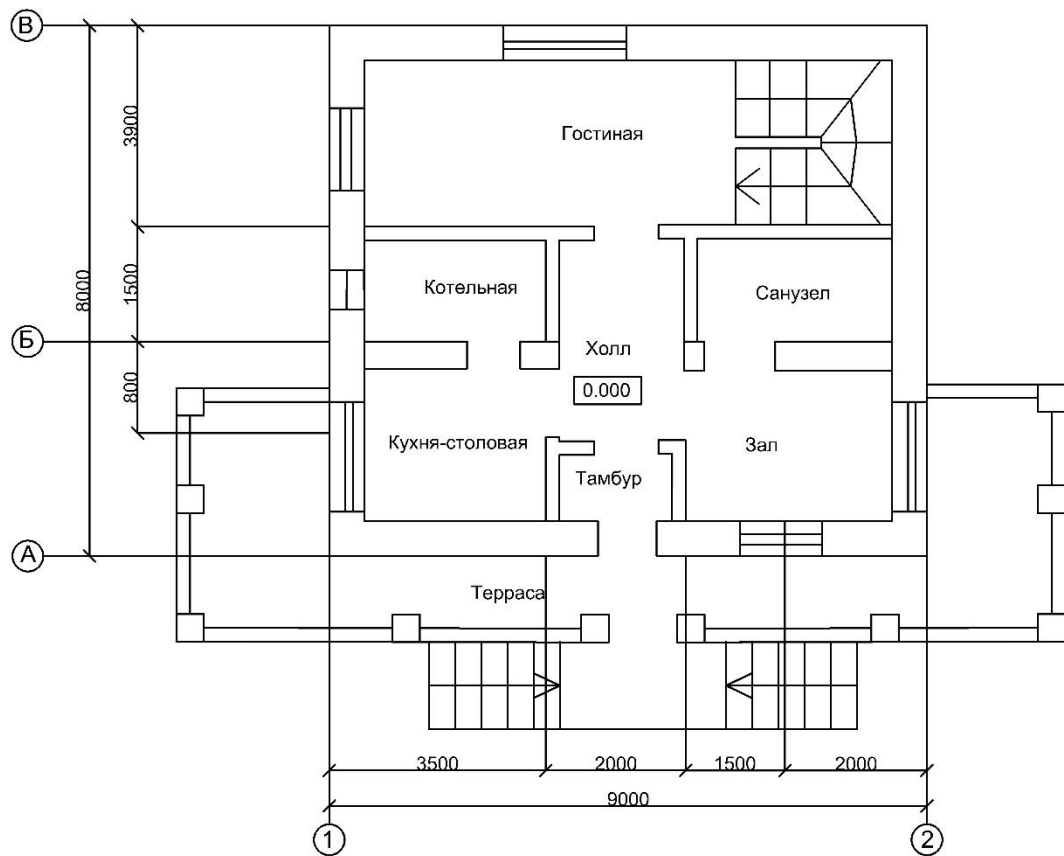


План второго этажа

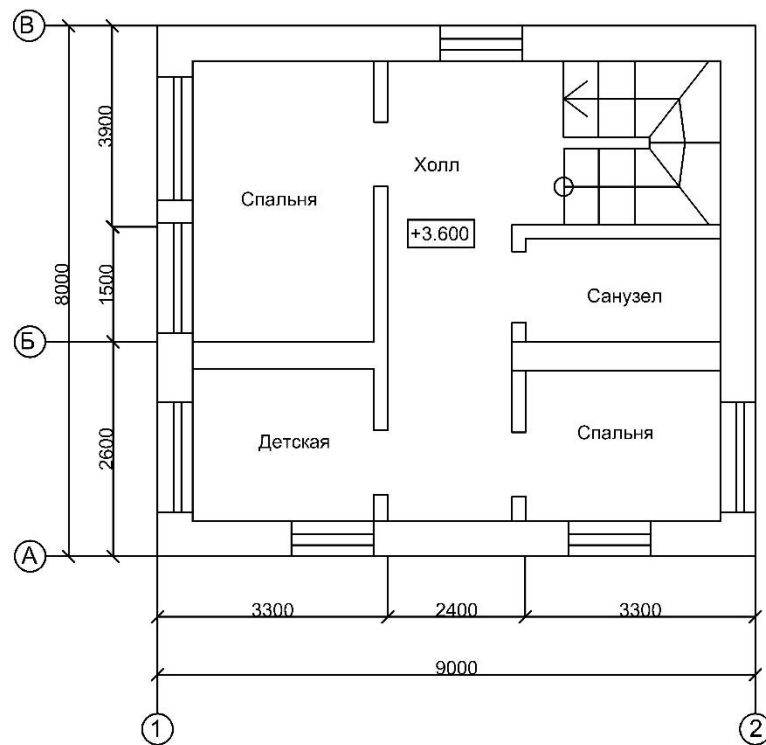


Вариант 2

План первого этажа

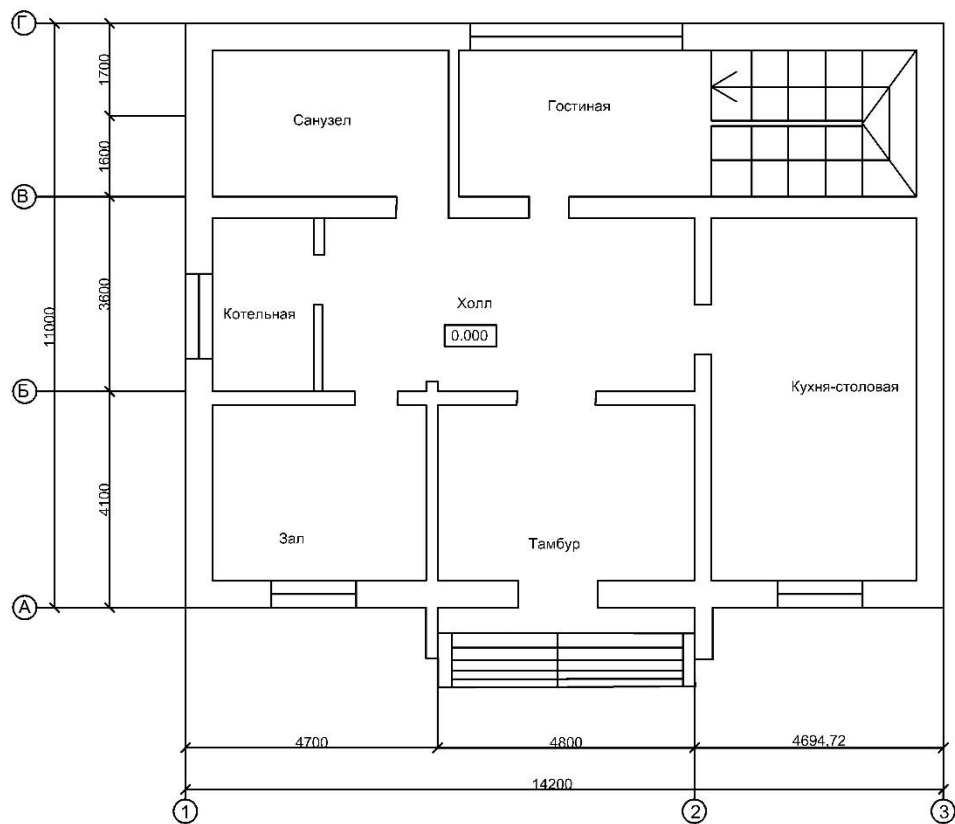


План второго этажа

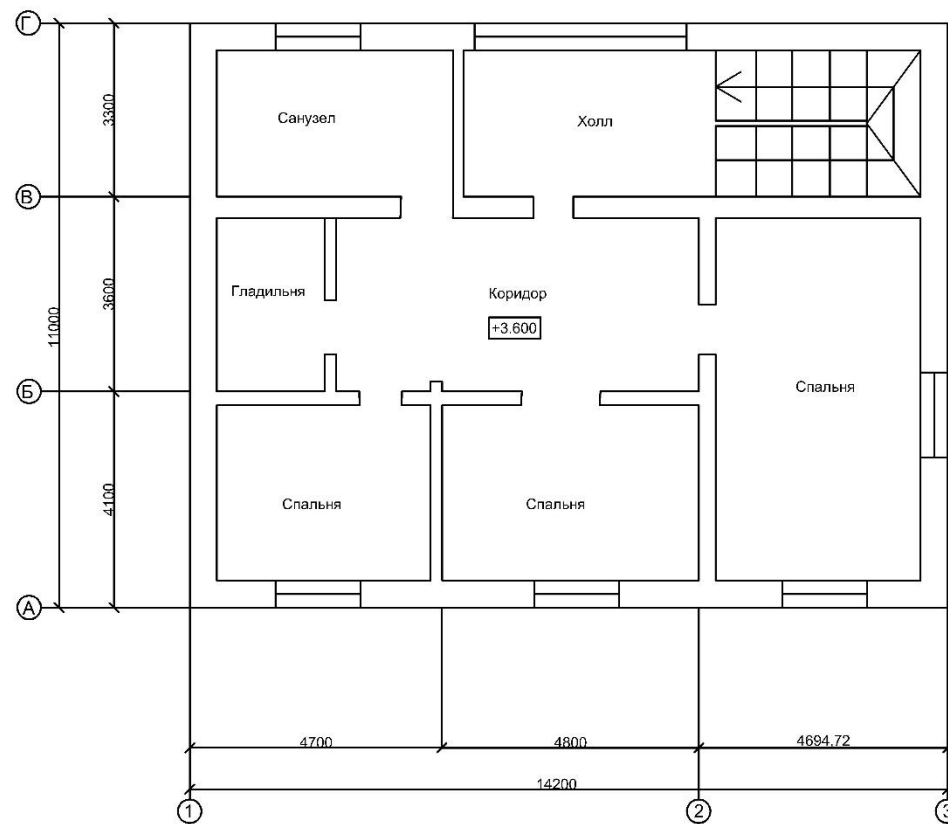


Вариант 3

План первого этажа



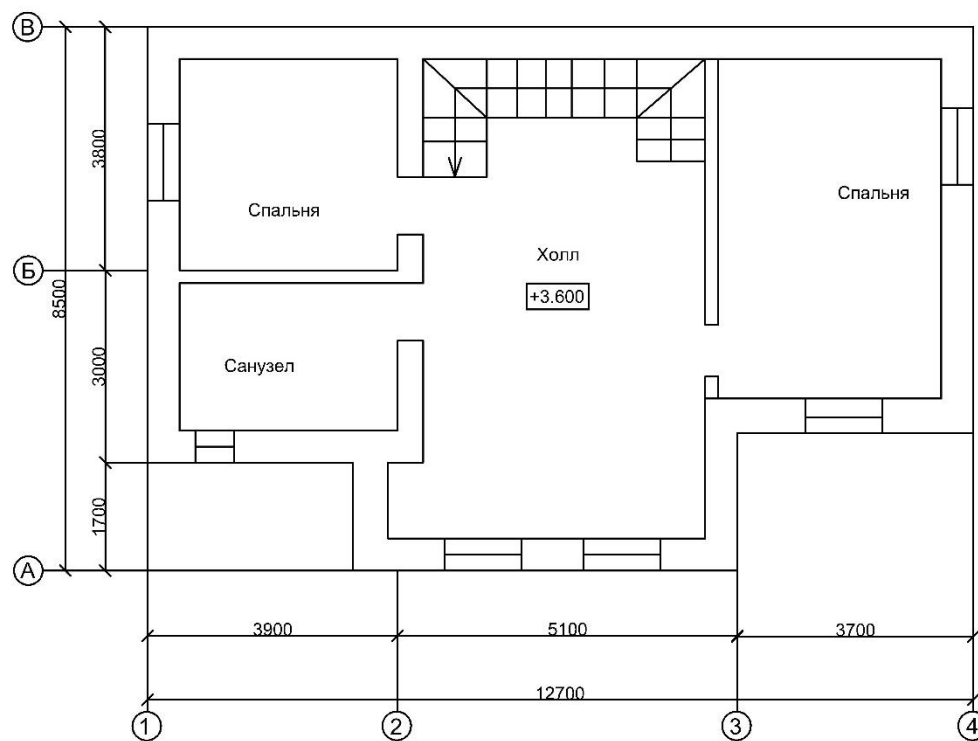
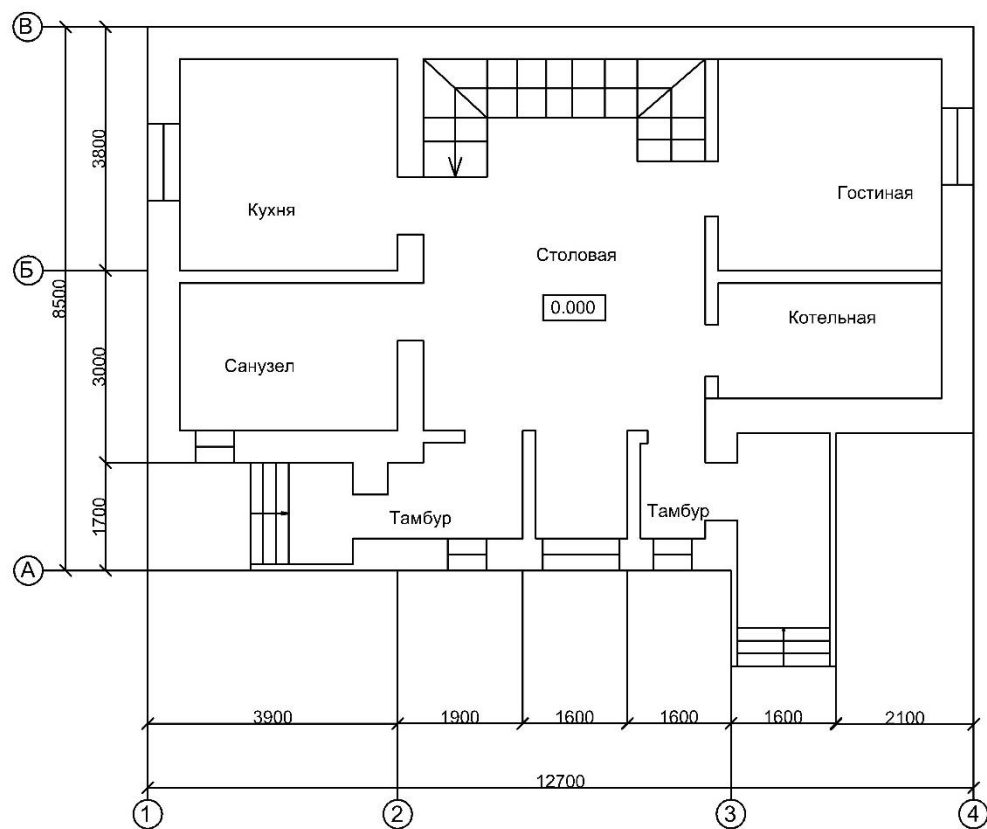
План второго этажа



Вариант 4

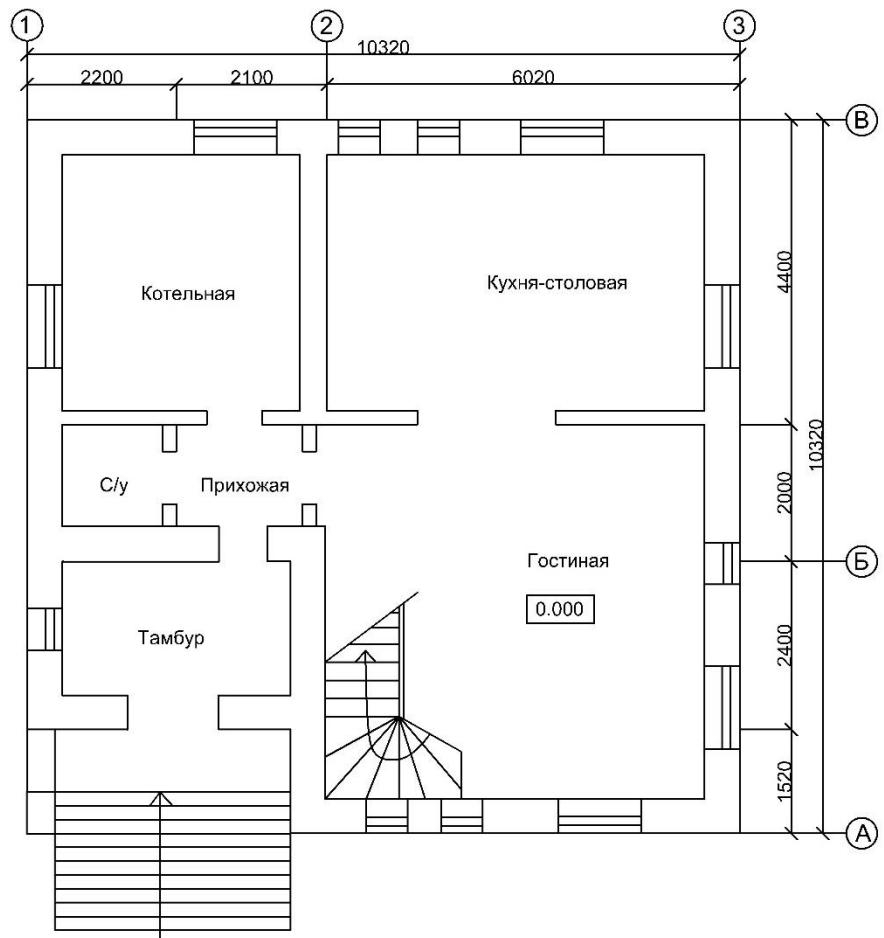
План первого этажа

План второго этажа

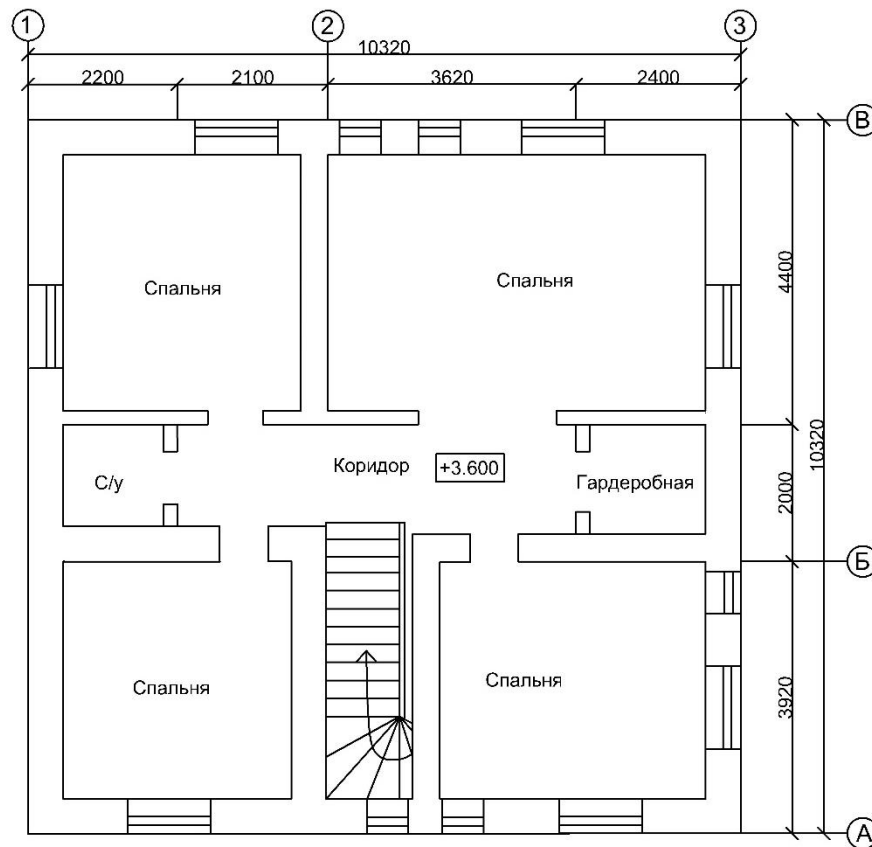


Вариант 5

План первого этажа

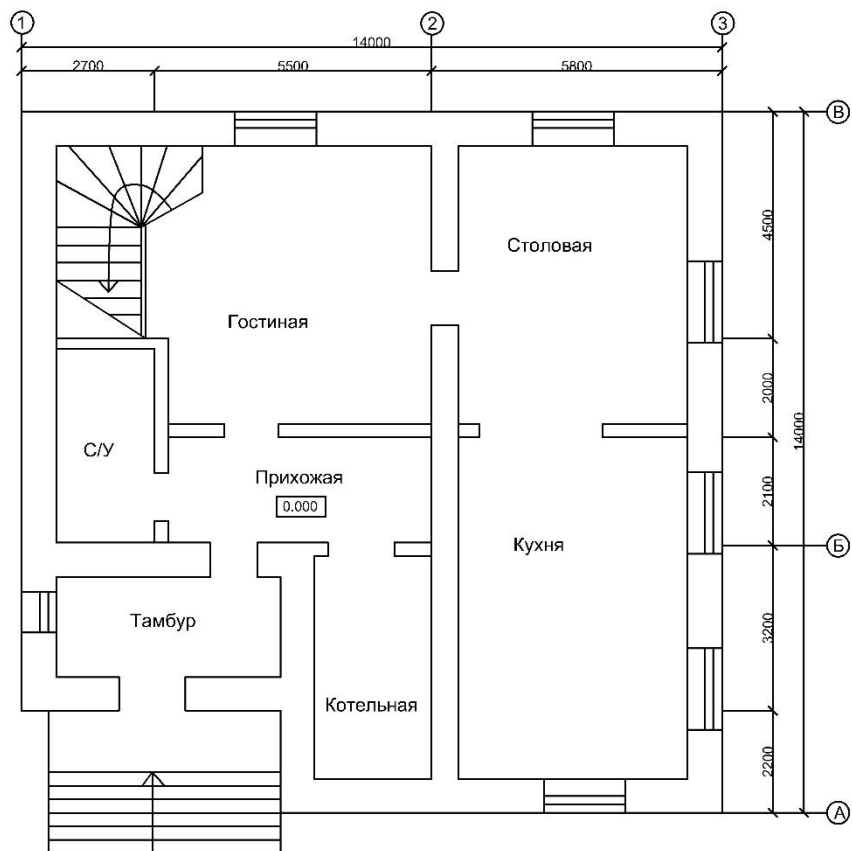


План второго этажа

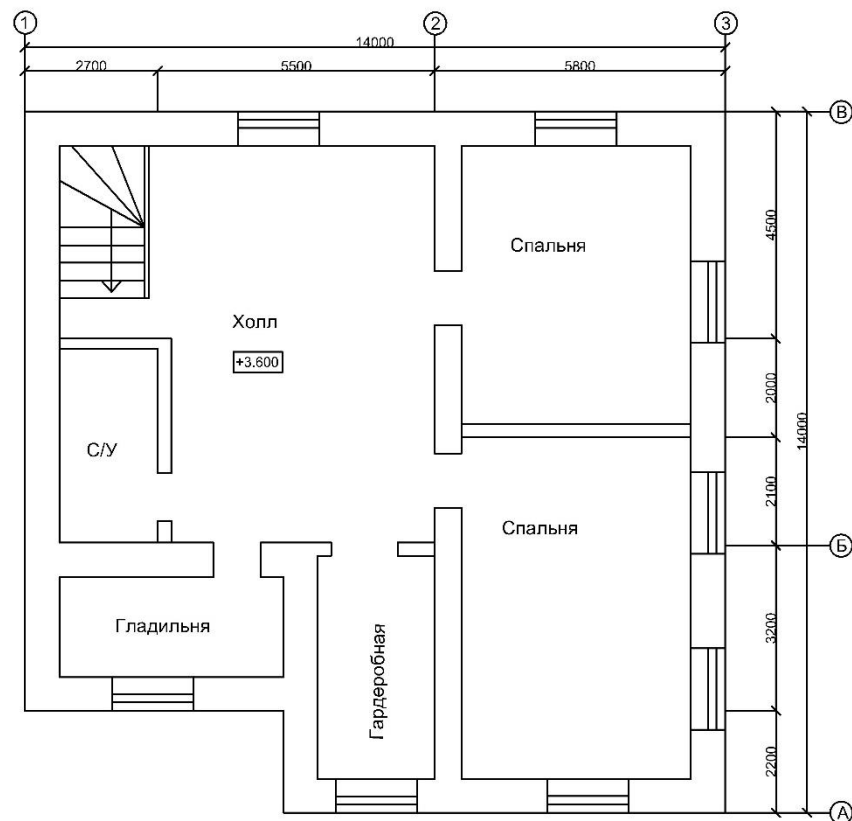


Вариант 6

План первого этажа

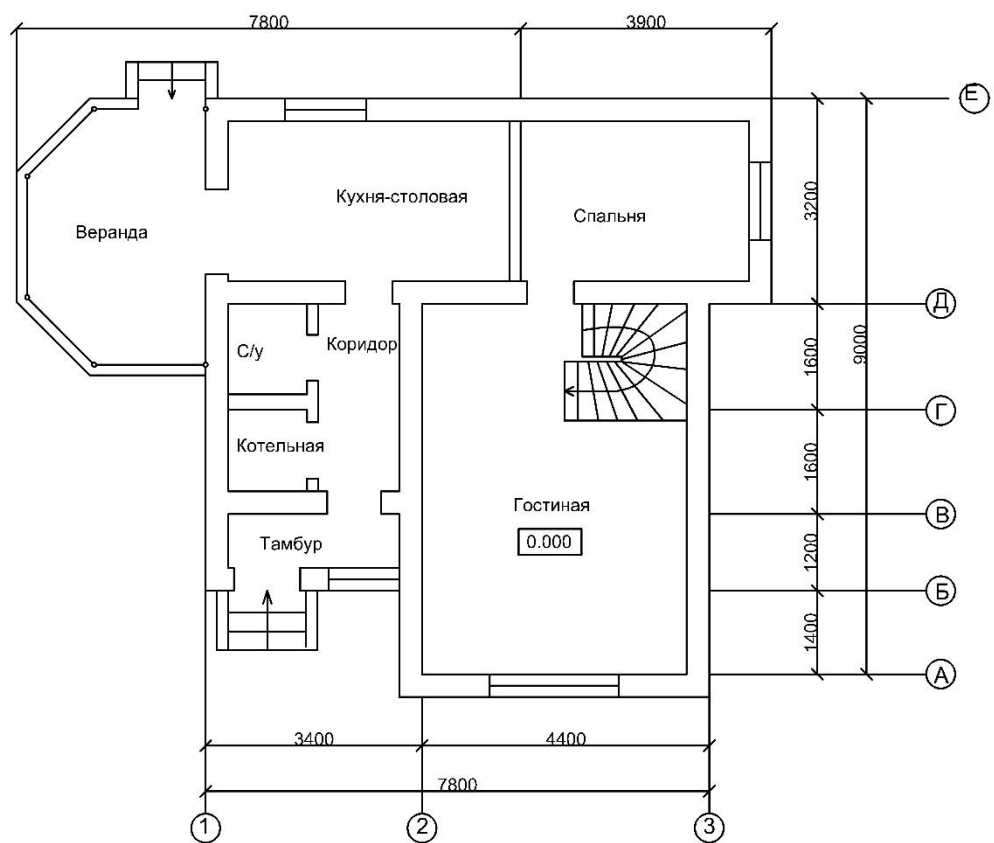


План второго этажа

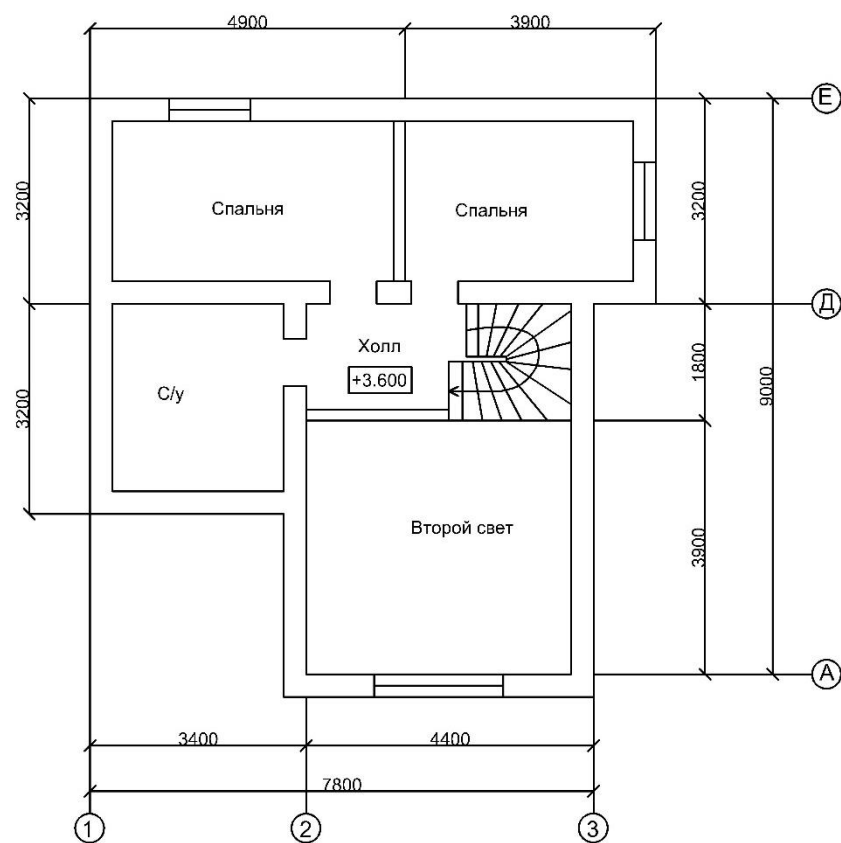


Вариант 7

План первого этажа

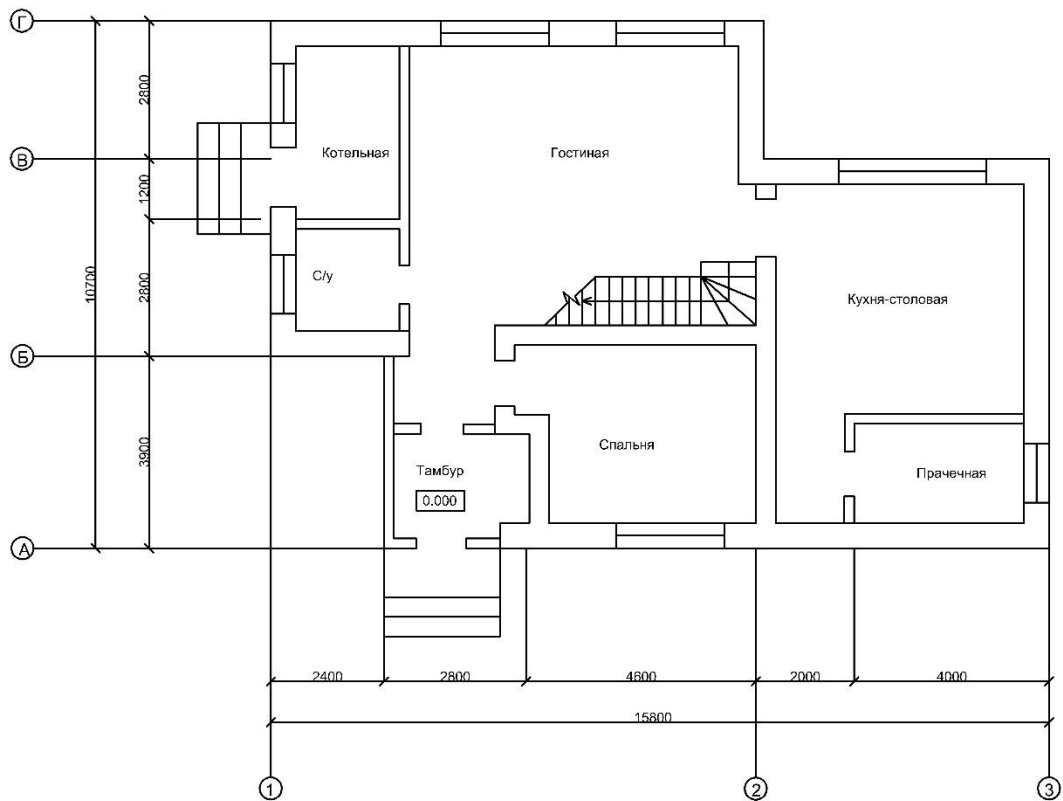


План второго этажа

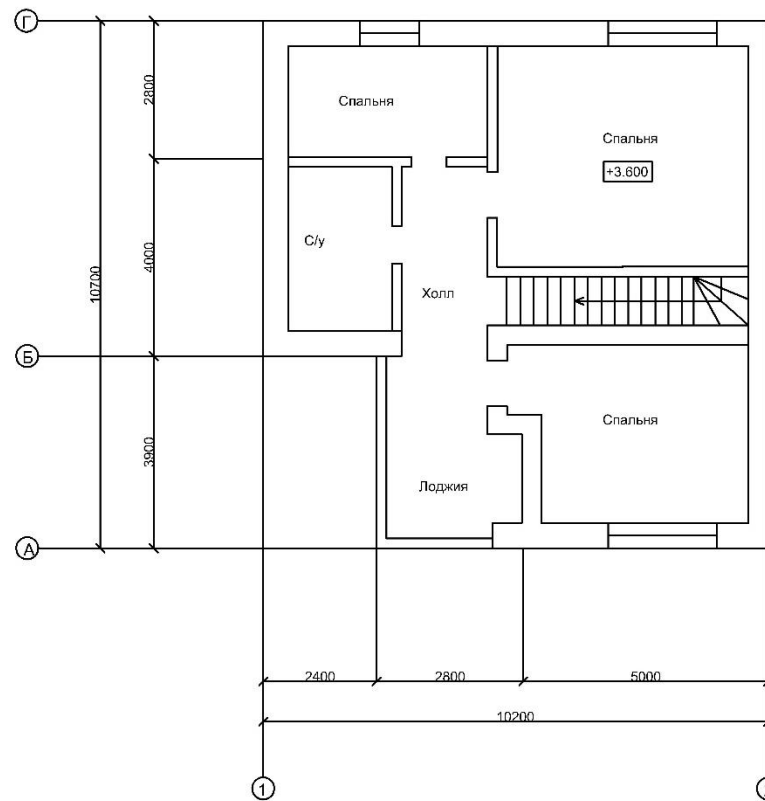


Вариант 8

План первого этажа

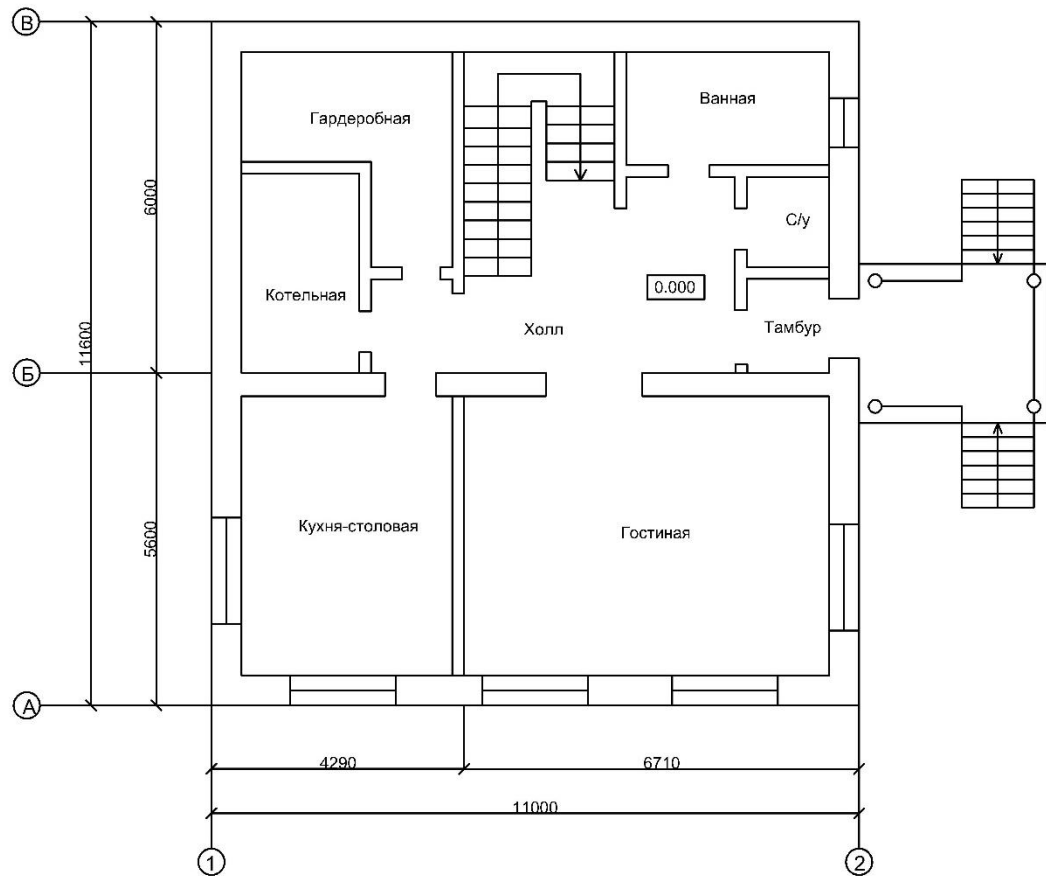


План второго этажа

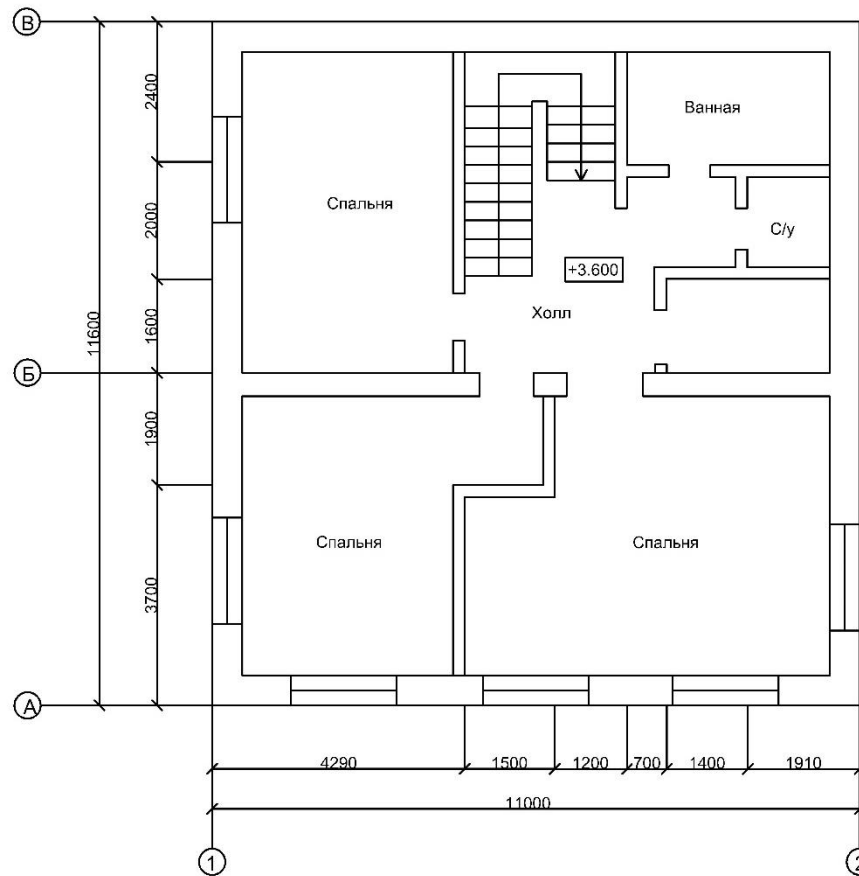


Вариант 9

План первого этажа



План второго этажа



Вариант 0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Форма таблицы для расчета потерь теплоты

№ помещения, назначение	Наружные ограждения						Добавки		$(1+\Sigma\beta)$	$Q_{от}$, Вт	$Q_{и}$, Вт	$Q_{былт}$, Вт	$Q_{п}=\Sigma Q_{от}+Q_{и}-Q_{былт}$, Вт	Количество секций радиатора
	наименование	ориентация	а, м	в, h, м	A, м ²	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$	На стороны света	Прочее						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблица Б.2 – Форма таблицы гидравлического расчета трубопроводов водяного отопления

№ участка	Q , Вт	G , кг/ч	d , мм	l , м	R , Па/м	R_l , Па	w , м/с	$P_{тр}$, Па	$\Sigma\xi$	Z , Па	R_l+Z , Па	Коэффициенты местных сопротивлений
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Подбор вентиляционных решеток

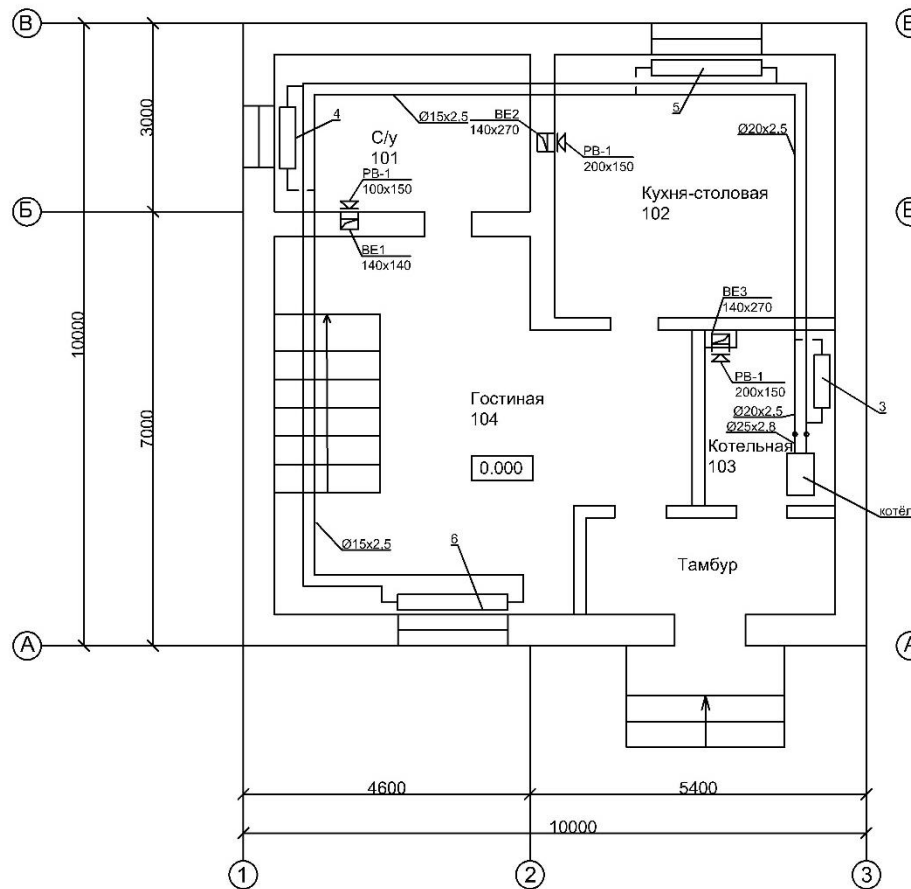
HxL	F _a , м ²
100x150 / 150x100	0,01
100x200 / 200x100	0,014
100x250 / 250x100	0,018
100x300 / 300x100	0,023
100x400 / 400x100	0,03
100x500 / 500x100	0,04
150x150 / 150x150	0,017
150x200 / 200x150	0,023
150x250 / 250x150	0,03
150x300 / 300x150	0,036
150x400 / 400x150	0,05
150x500 / 500x150	0,06
200x200 / 200x200	0,03
200x250 / 250x200	0,04
200x300 / 300x200	0,05
200x400 / 400x200	0,07
200x500 / 500x200	0,09

Таблица В.2 – Подбор вентиляционных каналов

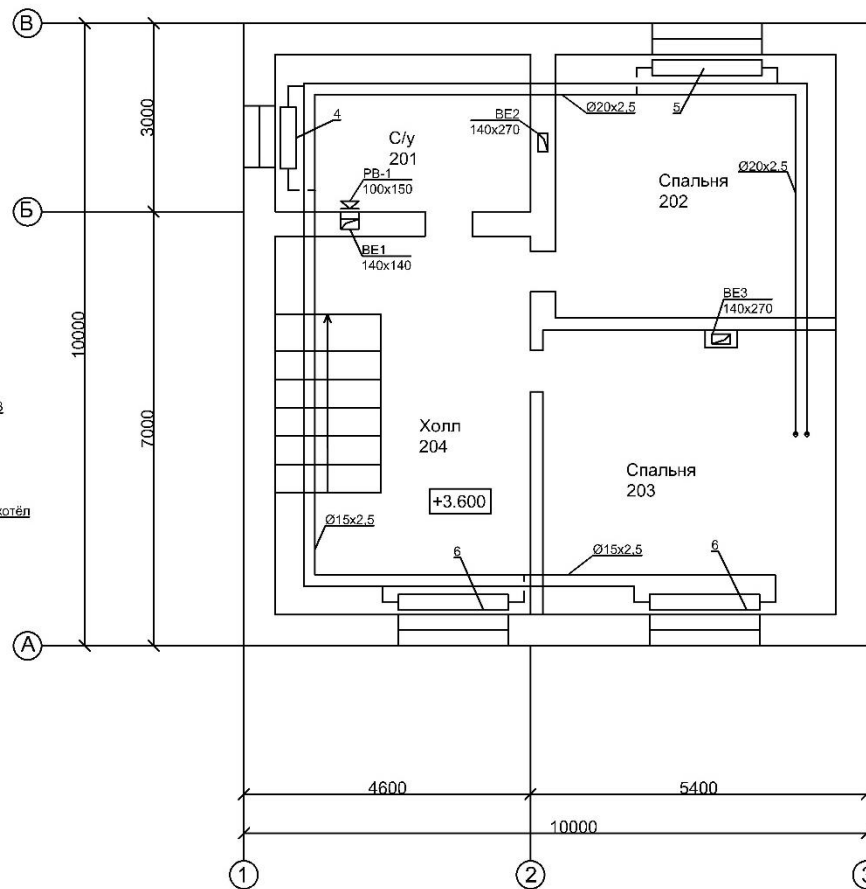
Скорость м/с	140x140	140x270
0,8	60 м ³ /ч 0,021 м ²	115 м ³ /ч 0,04 м ²
0,9	75 м ³ /ч 0,023 м ²	130 м ³ /ч 0,04 м ²

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

План первого этажа



План второго этажа



Система отопления

