



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплине

**«Техническая
теплотехника»**

Часть 2



Авторы
Галкина Н. И.
Пирожникова А. П.
Сафорян Л. Н.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Приведены методики определения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций здания, расчета тепловых потерь и основных расчетных показателей систем отопления и вентиляции жилого дома.

Предназначены для специалистов направления 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Галкина Н.И.,

ст. преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Пирожникова А.П.

ассистент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Сафорьян Л.Н.

Оглавление

1 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ	4
1.1 Ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции	14
2 РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ НА НАГРЕВ ИНФИЛЬТРИРУЮЩЕГОСЯ ВОЗДУХА. ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЕ ОТ БЫТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ	16
2.1 Расчет потерь теплоты наружными ограждениями	16
2.2 Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха	18
2.3 Суммарные бытовые поступления теплоты	18
2.4 Тепловой баланс	18
3 РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА И РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ	20
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГРАВИТАЦИОННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ	21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ А	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	29
ПРИЛОЖЕНИЕ В	39
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	40

1 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Цель расчета: определить требуемое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (наружной стены) $R_{тр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, в соответствии с требованиями СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [1], рассчитать толщину слоя утеплителя, данные округляют до 10 мм в сторону увеличения, найти фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, следует принимать не менее требуемых значений, $R_{тр}$, по табл. 1 [1, 2], в зависимости от градусо-суток района строительства $ГСОП$, $\text{°C} \cdot \text{сут}$.

Таблица 1
Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода $ГСОП$, $\text{°C} \cdot \text{сут}$	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_{тр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, 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

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

$$R_{тр} = a \cdot ГСОП + b \quad (1)$$

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

a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл.1.

Градусо-сутки отопительного периода $ГСОП$, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, определяют по формуле

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

где $t_{в}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по минимальным значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494-96 или в соответствии с табл. 2 [2, 5];

$t_{от}, Z_{от}$ – соответственно, средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемые по прил. А [3], для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C .

Таблица 2
Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания, $t_{в}$ $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха внутри здания, %
1	2	3
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	20*+2	55+5
2. Поликлиники и лечебные учреждения	21+1	55+5
3. Детские дошкольные учреждения	22+1	55+5
*21 $^{\circ}\text{C}$ в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 $^{\circ}\text{C}$ 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 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, входных дверей принимается равным $0,6 R_{тр}$, где $R_{тр}$ – приведенное сопротивление теплопередаче стен, определяемое по формуле

$$R_{тр} = \frac{n(t_B - t_H)}{\Delta t_n - \alpha_B}, \quad (3)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в табл. 3 [2];

Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_H и температурой внутренней поверхности t_H ограждающей конструкции, °C , принимаемый по табл. 4 [1, 2];

α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по табл. 5 [1, 2];

t_B – расчетная температура внутреннего воздуха °C ;

t_H – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °C , для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по прил. А [3].

Таблица 3

Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

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

Техническая теплотехника

Термическое сопротивление, R , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, однородного слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R = \delta / \lambda, \quad (4)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$, принимаемый по табл. 8 [1, 2], в зависимости от условий эксплуатации (табл. 6) [1,2].

Таблица 4

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

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад, Δt_n , °C, для		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1	2	3	4
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0

Таблица 5

Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэфф. теплоотдачи $\alpha_{в,г}$, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
1	2
Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию, a между гранями соседних ребер $\frac{h}{a}$ 0,3	8,7
Окон	8,0

Таблица 6

Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности

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

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

(5)

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

$$R_o = R_e + R_k + R_n, \quad (6)$$

где $R_e = 1/\alpha_e$, α_{eB} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по табл. 5 [1, 2];

$R_n = 1/\alpha_n$, α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по табл. 7 [2];

Таблица 7

Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий α_n , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
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

При наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом, R_o , определяется с учетом того, что слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются, а значение коэффициента теплоотдачи α_n равно 10,8 Вт/(м²·°С).

Таблица 8

Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций

Материал	Плотность кг/м ³	Расчетные коэфф. теплопроводности, λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации	
		3 (А)	4 (Б)
1	2	3 (А)	4 (Б)
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
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, m , определяется по формуле

$$\delta_{ym} = \lambda_{ym} \cdot \left[R_o - \left(\frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right], \quad (7)$$

где $\delta_1, \dots, \delta_n$ – толщины слоев, m .

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 фактическому сопротивлению тепло-

передачи R_o^ϕ , называемой коэффициентом теплопередачи, $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$

$$K = \frac{1}{R_o^\phi}. \quad (8)$$

Требуемое сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей определяют по табл. 1, исходя из ГСОП, затем по табл. 9 [2] выбирают конструкцию световых проемов. В расчете трансмиссионных потерь теплоты через окна и балконные двери используют приведенное сопротивление теплопередаче в соответствии с табл. 9 [2].

Таблица 9

 Уровни теплозащиты рекомендуемых окон в деревянных и пласт-
 массовых переплетах

№ п. п.	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПВХ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		$R_0^{норм}$ м ² ·°С/Вт	τ	k	$R_0^{норм}$ м ² ·°С/Вт	τ	k
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Двойное остекление из обычного стекла в спаренных переплетах	0,40	0,75	0,62	–	0,70	0,62
2	Двойное остекление с твердым селективным покрытием в спаренных переплетах	0,55	0,75	0,65	–	0,70	0,65
3	Двойное остекление из обычного стекла в раздельных переплетах	0,44	0,65	0,62	0,34	0,60	0,62
4	Двойное остекление с твердым селективным покрытием в раздельных переплетах	0,57	0,65	0,60	0,45	0,60	0,60
5	Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размеров, мм: 194 x 194x98 2544 x 244 x 98	0,31 0,33	0,90	0,40 (без переплета) 0,90 0,45 (без переплета)			
6	Профильное стекло коробчатого сечения	0,31	0,90	0,50 (без переплета)			
7	Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,36	0,90	0,9	–	0,90	0,90

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Тройное из органического стекла для зе-	0,52	0,90	0,83	–	0,90	0,83

	нитных фонарей						
9	Тройное остекление из обычного стекла в раздельно-спаренных переплетах	0,55	0,50	0,70	0,46	0,50	0,70
10	Тройное остекление с твердым селективным покрытием в раздельно-спаренных переплетах	0,60	0,50	0,67	0,50	0,50	0,67
11	Однокамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: обычного с твердым селективным покрытием с мягким селективным покрытием	0,35	0,80	0,76	0,34	0,80	0,76
		0,51	0,80	0,75	0,43	0,80	0,75
		0,56	0,80	0,54	0,47	0,80	0,54
12	Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: обычного (с межстекольным расстоянием 8 мм) обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм) с твердым селективным покрытием с мягким селективным покрытием с твердым селективным покрытием с заполнением аргоном	0,50	0,80	0,74	0,43	0,80	0,74
		0,54	0,80	0,74	0,45	0,80	0,74
		0,58	0,80	0,68	0,48	0,80	0,68
		0,68	0,80	0,48	0,52	0,80	0,48
		0,65	0,80	0,68	0,53	0,80	0,68
13	Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла: обычного с твердым селективным покрытием с мягким селективным покрытием	0,56	0,60	0,63	0,50	0,60	0,63
		0,65	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58
		0,72	0,60	0,51	0,60	0,60	0,58

	покрытием						
	с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	0,60	0,58	0,60	0,60	0,58
14	Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из стекла:						
	обычного	0,65	0,60	0,60	–	0,60	0,60
	с твердым селективным покрытием	0,72	0,60	0,56	–	0,58	0,56
	с мягким селективным покрытием	0,80	0,60	0,36	–	0,58	0,56
	покрытием и заполнением аргоном	0,82	0,60	0,56	–	0,58	0,56
15	Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,70	0,70	0,59	–	0,70	0,59
16	Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,75	0,60	0,54	–	0,60	0,54
17	Четырехслойное остекление из обычного стекла в двух спаренных переплетах	0,80	0,50	0,59	–	0,50	0,59

Результаты теплотехнического расчета свести в табл. 10.

Таблица 10

Результаты теплотехнического расчета

Наименование ограждения	$R_0^{\text{норм}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	K , $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
1	2	3	4
Стена			
Перекрытие 1-го этажа			
Покрытие			
Окно			
Дверь наружная			

1.1 Ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции

Расчетный температурный перепад Δt_0 , °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин Δt_n , °С, установленных в табл. 4, и определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{R_o \cdot \alpha_{в}}$$

(9)

где n – то же, что в формуле (3);

$t_{в}$ – то же, что и в формуле (2);

$t_{н}$ – то же, что в формуле (3);

R_o – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, м²·°С/Вт, определяемое по формуле (6);

$\alpha_{в}$ – то же, что в формуле (6).

В соответствии с [1, п. 5.7], температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций, т.е. с углом наклона к горизонту 45° и более) в зоне теплопроводных включений, в углах и откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха, при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года (табл. 11 [1, 2]).

Таблица 11
Температура точки росы, °С, для различных значений температуры и относительной влажности, %, воздуха в помещении

$t_{в}$, °С	Температура точки росы, °С, при относительной влажности воздуха, %		
	55	60	65
1	2	3	4
16	6,97	8,24	9,43
17	7,9	9,18	10,37
18	8,83	10,12	11,32
19	9,76	11,06	12,27
20	10,69	12,0	13,22

Техническая теплотехника

21	11,62	12,94	14,17
22	12,56	13,88	15,12
23	13,48	14,82	16,07
24	14,41	15,76	17,02
25	15,34	16,7	17,97

В соответствии с [1, п. 5.7], относительную влажность внутреннего воздуха для определения точки росы в местах теплопроводных включений ограждающих конструкций, в углах и оконных откосах следует принимать: для жилых помещений – 55%, для помещений кухонь – 60%, для ванных комнат – 65%.

2 РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛОТЫ НА НАГРЕВ ИНФИЛЬТРИРУЮЩЕГОСЯ ВОЗДУХА. ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЕ ОТ БЫТОВЫХ ИСТОЧНИКОВ. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЯ

2.1 Расчет потерь теплоты наружными ограждениями

Расчет выполняется согласно указаниям СП 60.13330.2016 [4].

В соответствии с [6, п.8.2] система отопления и ограждающие конструкции дома должны быть рассчитаны на обеспечение в помещениях дома в течении отопительного периода при расчетных параметрах наружного воздуха для соответствующих районов строительства температуры внутреннего воздуха в допустимых пределах, установленных ГОСТ 30494, но не ниже 20°C для всех помещений с постоянным пребыванием людей (по СП 60.13330), а в кухнях и уборных –18 °С, в ваннных и душевых – 24°C.

В соответствии с [4, п.5.1] параметры микроклимата при отоплении и вентиляции помещений (кроме помещений, для которых параметры микроклимата установлены другими нормативными документами) следует принимать по ГОСТ 30494, ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.1.2.2645 и СанПиН 2.2.4.548 для обеспечения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в пределах допустимых норм в обслуживаемой или рабочей зонах помещений (на постоянных и непостоянных рабочих местах):

- а) в холодный период года в обслуживаемой зоне помещений температура воздуха – минимальную из оптимальных температур ГОСТ 30494;
- б) в холодный период года в обслуживаемой зоне жилых зданий (кроме жилых помещений) температура воздуха – минимальная из допустимых температур.

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.

Здание 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.

Согласно [4, п.6.2.2] потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции помещений допускается не учитывать, если разность температур воздуха в этих помещениях равна 3 °С и менее.

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;

$t_{в}$ – расчетная температура воздуха в помещении, °С [5];

$t_{н}$ – расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С, равная температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [3];

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; 0,34h – для двойных дверей без тамбура и 0,22h – для одинарных дверей;

n – то же, что в формуле (3).

2.2 Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха

По упрощенной методике следует определять по формуле

$$Q_i = 0,28L_n \cdot \rho \cdot c(t_{в} - t_{н}) \cdot k, \quad (11)$$

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·°C);

$t_{в}$, $t_{н}$ – расчетные температуры воздуха, °C, соответственно в помещении и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б) [3];

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.

2.3 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 поверхности пола

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

где $A_{\text{пола}}$ – площадь поверхности пола жилой комнаты или кухни, м².

Расчет выполняется по вариантам, планы которых представлены в прил.Б.

2.4 Тепловой баланс

Каждого помещения рассчитывается с округлением до 10 Вт по формуле

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

Потери теплоты каждого помещения заносят в таблицу расчета потерь теплоты (прил. В).

3 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 и увеличенных теплотерь «радиаторными» 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 .

В соответствии с [4, п.6.2.8], дополнительные потери теплоты через участки наружных ограждений, расположенных за отопительными приборами, а также трубопроводами, прокладываемыми в неотапливаемых помещениях, не должны превышать 7% теплового потока системы отопления здания.

Расход теплоносителя G , кг/ч, в системе, ветви или стояке системы отопления определяется по формуле

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

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 теплотери из-за размещения отопительных приборов у наружных ограждений, $\beta_2 = 1,02$.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНОВ ЭЛЕМЕНТОВ ГРАВИТАЦИОННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Проектирование вентиляции многоквартирных жилых домов следует выполнять в соответствии с нормами и рекомендациями [4, 6].

В соответствии с [6, п.8.3] система вентиляции должна поддерживать чистоту (качество) воздуха в помещениях в соответствии с санитарными требованиями и равномерность его поступлений и распространения. Вентиляция может быть:

- с естественным побуждением удаления воздуха через вентиляционные каналы;
- с механическим побуждением притока и удаления воздуха, в том числе совмещенная с воздушным отоплением;
- комбинированная с естественным притоком и удалением воздуха через вентиляционные каналы с частичным использованием механического побуждения.

В соответствии с [4 п. 7.1.10] в жилых зданиях, в том числе коттеджах, рекомендуется проектировать вентиляцию с естественным побуждением. Кратность воздухообмена в помещениях следует принимать в соответствии с данными табл. 12 [8].

Вытяжная общеобменная вентиляция с естественным побуждением жилых комнат осуществляется через вытяжные каналы кухонь и 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 [9].

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.

В соответствии с [7 п.8.4.3] помещения, в которых устанавливаются теплогенераторы, должны иметь вытяжные вентиляционные решетки, т.к. при работе газовых водогрейных котлов, основанных на сжигании газообразного топлива, происходит выброс

вредных веществ в окружающую среду, таковыми веществами являются дымовые газы, содержащие окислы углерода и азота. Для дополнительного притока воздуха следует предусматривать в нижней части двери решетку или зазор между дверью и полом с живым сечением не менее 0,02 м².

Согласно [7, п.7.6.1] отведение дымовых газов от теплогенераторов на мазуте, газе, твердом топливе, следует предусматривать через дымоотводы в дымоход или дымовую трубу.

В соответствии с [6 п.8.4] кратность воздухообмена во всех вентилируемых помещениях в нерабочем режиме должна составлять не менее 0,2 объема помещения в час, табл. 12.

Воздухообмен, м³/ч, в жилых комнатах определяется по формуле

$$L = 3 \cdot A_{пл}, \quad (16)$$

где $A_{пл}$ – площадь пола жилых комнат, м².

Общий воздухообмен в коттедже должен быть не менее суммарного воздухообмена всех жилых комнат данной квартиры.

Так как удаление воздуха из коттеджа происходит посредством вытяжных каналов, расположенных в помещениях кухни и санузла (при совмещенном санузле) или в помещениях кухни, санузла и ванной (при раздельном санузле), то должно выполняться условие

$$L_k + L_b + L_{c.y.} \geq \sum L_{ж.к.}, \quad (17)$$

где L_k , L_b , $L_{c.y.}$ – количество удаляемого воздуха соответственно из кухни, ванной, санузла, м³/ч.

Если правая часть неравенства больше левой, т.е. сумма рассчитанных воздухообменов жилых комнат больше суммы нормируемых воздухообменов кухни, ванной и раздельного санузла (или кухни и совмещенного санузла), то следует увеличить расход воздуха, удаляемого посредством вытяжных каналов, до необходимой величины, обычно из кухни [10].

Площадь сечения вентиляционных каналов и живого сечения жалюзийных решеток определяется по формуле

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

где v – скорость воздуха в канале или вентиляционной решетке, м/с, принять в соответствии с табл. 13;

L – расход воздуха в канале, м³/ч.

Размер жалюзийных решеток принимается по прил. Г в зависимости от площади живого сечения.

Пример обозначения: РВ-1-200*400

где: РВ – решетка вентиляционная;

1 – рядность решетки (однорядная);

200*400 – установочный размер решетки (НхЛ), мм.

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 12

Кратность воздухообмена в помещениях жилых зданий [7]

Помещение	Кратность или величина воздухообмена, м ³ в час, не менее	
	в нерабочем режиме	в режиме обслуживания
1	2	3
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 13

Ориентировочные скорости движения воздуха в системах естественной вентиляции

Элементы вентиляционной системы	Скорость, v , м/с
1	2
Вертикальные каналы (1-й –3-й этаж)	0,8 – 0,9
Вентиляционные решетки	0,5 – 1,0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2012. – Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012. – 121 с.
2. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий. – Введ. 2004-06-01. – М.: Госстрой России, 2005. –132с.
3. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99– Введ. 2013-01-01. М.: Минрегион России, 2012. – 109 с.
4. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.– Введ. 2017-06-17.– М.: Изд-во стандартов, 2017 – 67с.
5. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.– Введ.2013-01-01.– М.: Стандартинформ, 2013.– 12 с.
6. СП 55.13330.2016. Дома жилые одноквартирные. Правила проектирования. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001. – Введ.2017-04-21. М.: Минстрой России, 2016. – 34с.
7. СП 31-106-2002. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и строительство инженерных систем одноквартирных жилых домов. – Введ. 2002-09-01 – М.: Госстрой России, 2004 – 30 с.
8. СТО СРО НП СПАС-05-2013 Энергосбережение в зданиях. Расчет и проектирование систем вентиляции жилых многоквартирных зданий. – Введ. 2014-20-05. – М.: «НП СПАС», 2014. – 81 с.
9. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1985.– 367 с.
10. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч.2. Вентиляция/ Под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1

Исходные данные для проектирования

Расчетные параметры наружного воздуха

Вариант	Район строительства	Расчетные параметры наружного воздуха			Зона влажности	Ориентация фасада по сторонам света
		Температура наиб. холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92), t_n , °С	Средняя температура отопительного периода, $t_{от}$, °С	Продолжительность отопительного периода, $Z_{от}$, сут		
1	2	3	4	5	6	7
1	Астрахань	-21	-0,8	164	Сухая	СВ
2	Архангельск	-33	-4,5	250	Влажная	В
3	Белгород	-23	-1,9	191	Сухая	ЮВ
4	Барнаул	-36	-7,5	216	Нормальная	Ю
5	Брянск	-24	-2,0	199	Нормальная	ЮЗ
6	Владимир	-28	-3,5	213	Нормальная	З
7	Воронеж	-24	-2,5	190	Сухая	СЗ
8	Владивосток	-23	-4,3	198	Влажная	С
9	Волгоград	-22	-2,3	176	Сухая	ЮВ
10	Вологда	-32	-4,0	228	Нормальная	ЮЗ
11	Калининград	-19	1,2	188	Нормальная	СВ
12	Краснодар	-14	2,5	145	Сухая	В

Техническая теплотехника

13	Курск	-24	-2,3	194	Нормальная	ЮВ
14	Санкт-Петербург	-24	-1,3	213	Влажная	Ю
15	Миллерово	-21	-1,7	179	Сухая	ЮЗ
16	Москва	-25	-2,2	205	Нормальная	З
17	Нижний Новгород	-31	-4,1	215	Нормальная	СЗ
18	Омск	-37	-8,1	216	Сухая	С
19	Пермь	-35	-5,5	225	Нормальная	ЮВ
20	Псков	-26	-1,3	208	Нормальная	ЮЗ
21	Ростов-на-Дону	-19	-0,1	166	Сухая	СВ
22	Смоленск	-25	-2,0	209	Нормальная	В
23	Тамбов	-28	-3,7	201	Сухая	ЮВ
24	Челябинск	-34	-6,5	218	Нормальная	Ю
25	Ярославль	-31	-4,0	221	Нормальная	ЮЗ

Таблица А.2

Материалы ограждающей конструкции

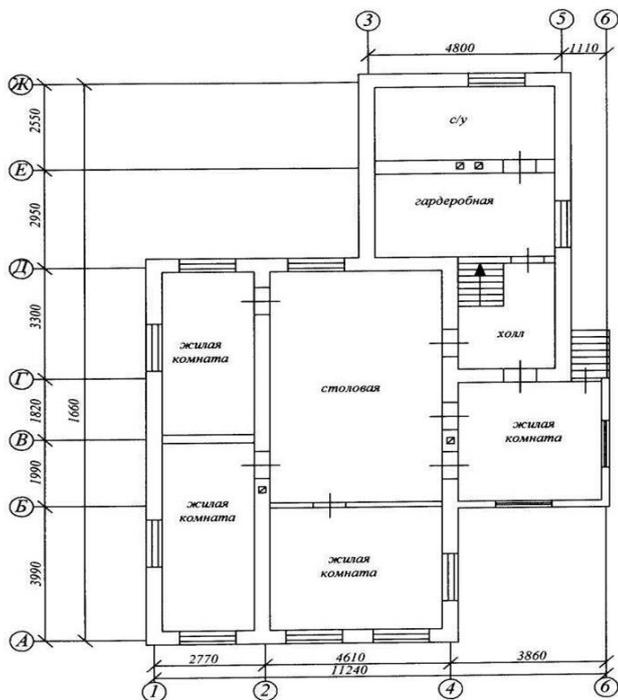
№ варианта	Материалы (по направлению снаружи вовнутрь помещения)	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Толщина, мм	№ варианта	Материалы (по направлению снаружи вовнутрь помещения)	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Толщина, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сплошной силикатный кирпич Маты минераловатные прошивные Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1800 125 1800 1800	120 $\delta_{ут.}=?$ 250 15	2	Пустотный силикатный кирпич Маты минераловатные прошивные Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1400 125 1800 1800	120 $\delta_{ут.}=?$ 380 15
3	Пустотный силикатный кирпич Маты минераловатные прошивные Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1500 125 1800 1800	120 $\delta_{ут.}=?$ 250 15	4	Керамический пустотный кирпич Плиты минераловатные полужесткие Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1200 100 1800 1800	120 $\delta_{ут.}=?$ 380 15
5	Керамический пустотный кирпич	1600	120	6	Сплошной силикатный кирпич	1800	120

Техническая теплотехника

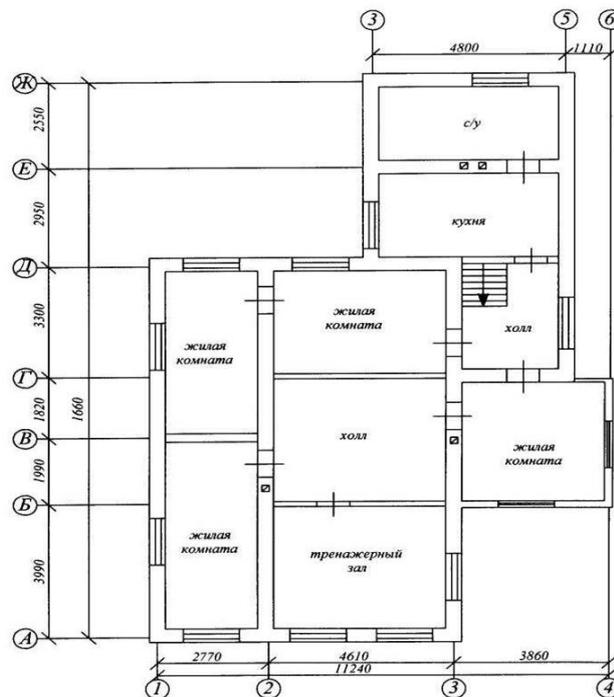
	Плиты минераловатные полужесткие Керамический пустотный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	200 1600 1800	дуг.=? 250 15		Маты минераловатные прошивные Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	75 1800 1800	дуг.=? 250 15
7	Керамический пустотный кирпич Плиты минераловатные полужесткие Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1400 100 1800 1800	дуг.=? дуг.=? 250 15	8	Пустотный силикатный кирпич Маты минераловатные прошивные Сплошной силикатный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1500 125 1800 1800	120 дуг.=? 120 15
9	Керамический пустотный кирпич Плиты минераловатные полужесткие Керамический пустотный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1600 200 1400 1800	120 дуг.=? 380 15	10	Керамический пустотный кирпич Плиты минераловатные полужесткие Керамический пустотный кирпич Штукатурка (ц/п раствор)	1200 100 1200 1800	120 дуг.=? 380 15

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

План I этажа

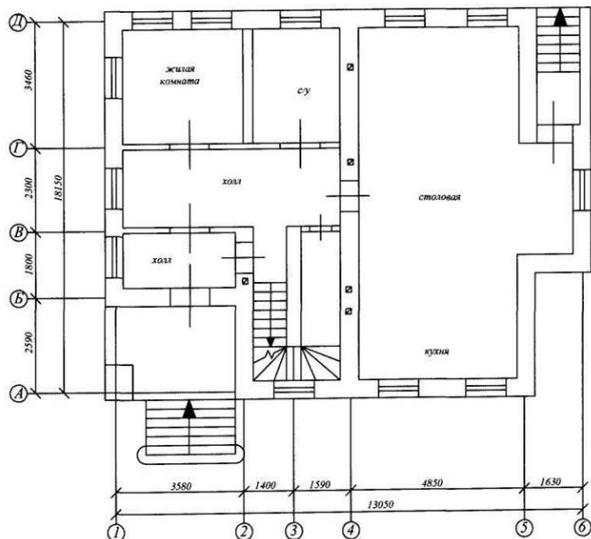


План II этажа

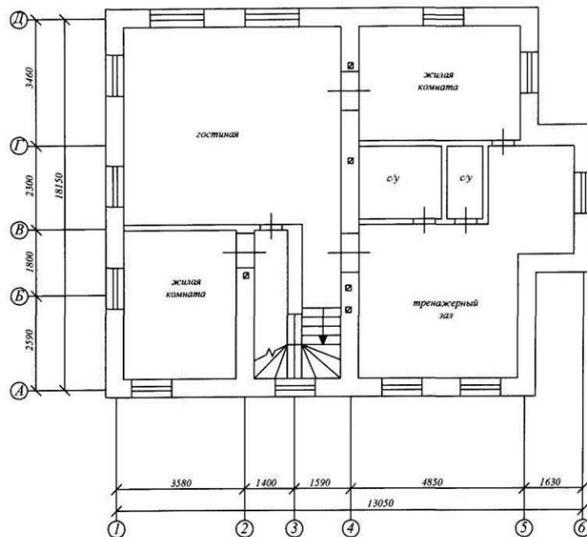


Вариант 1

План I этажа

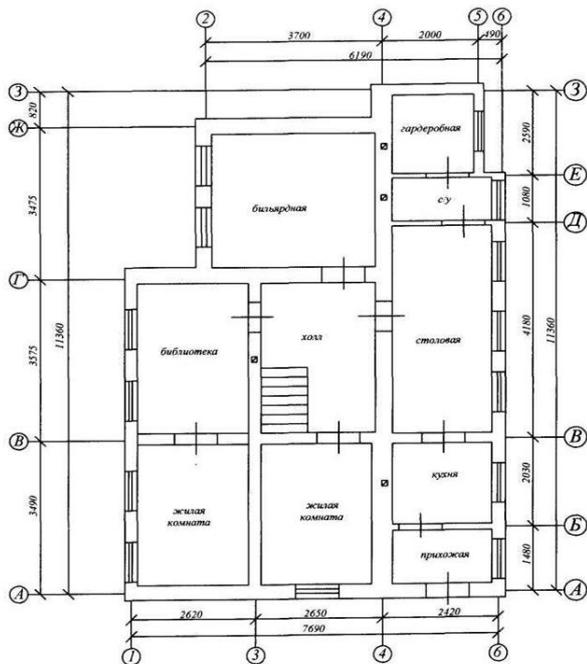


План II этажа

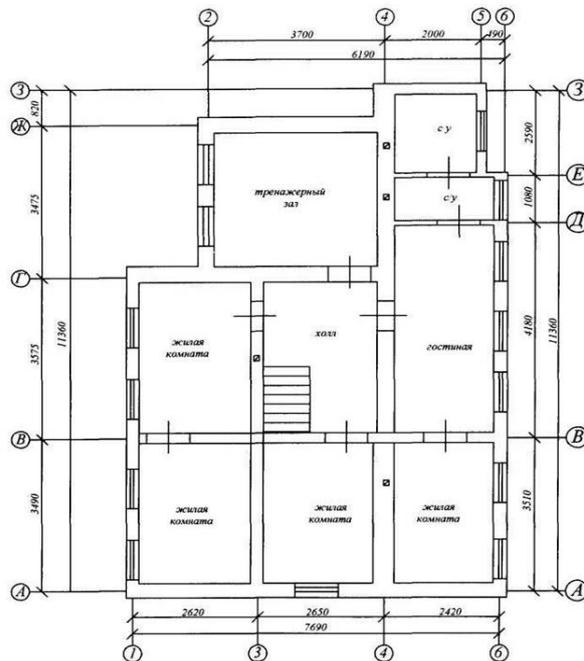


Вариант 2

План I этажа

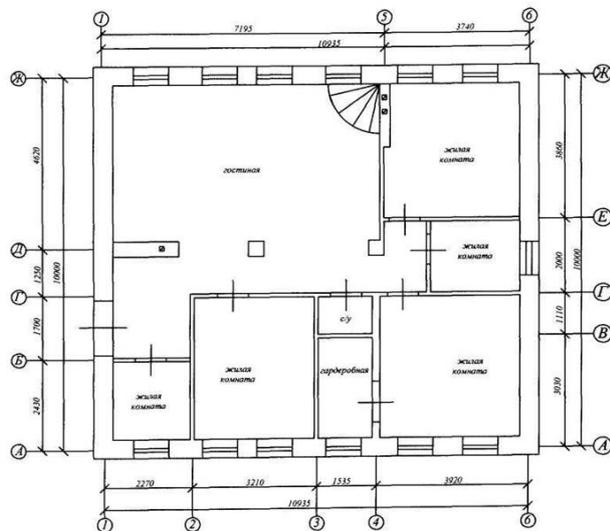


План II этажа

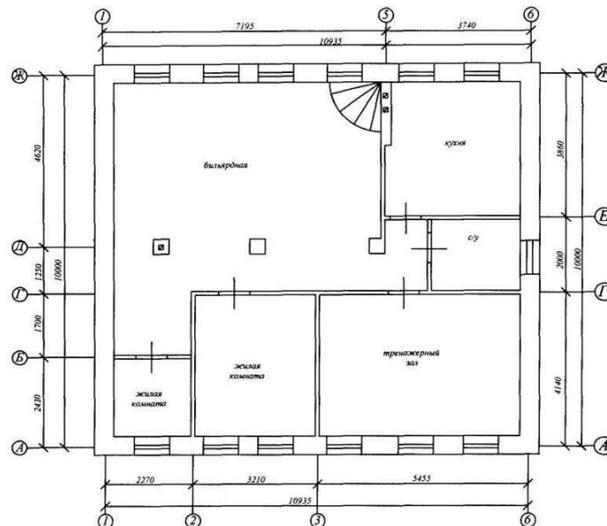


Вариант 3

План I этажа

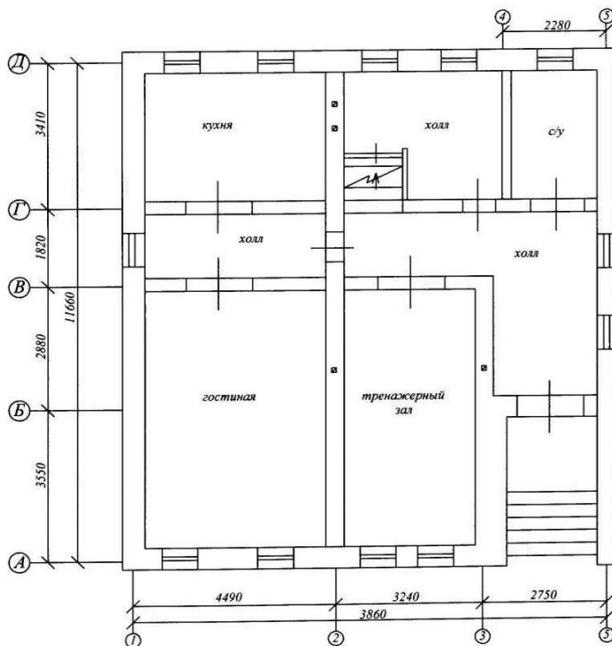


План II этажа

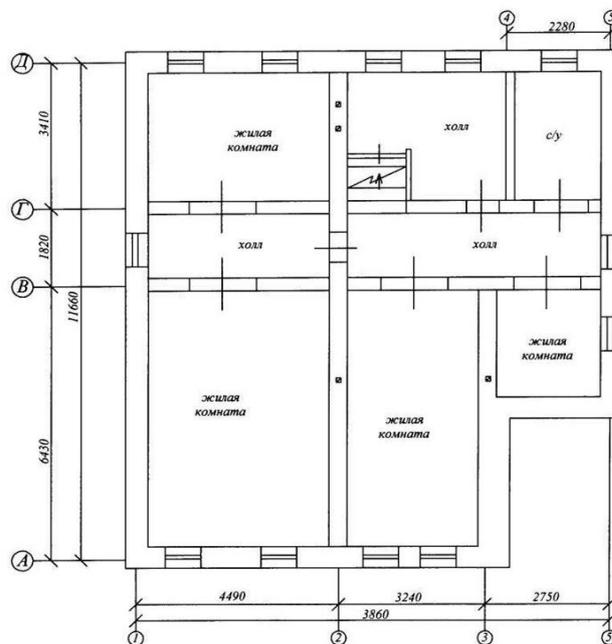


Вариант 4

План I этажа

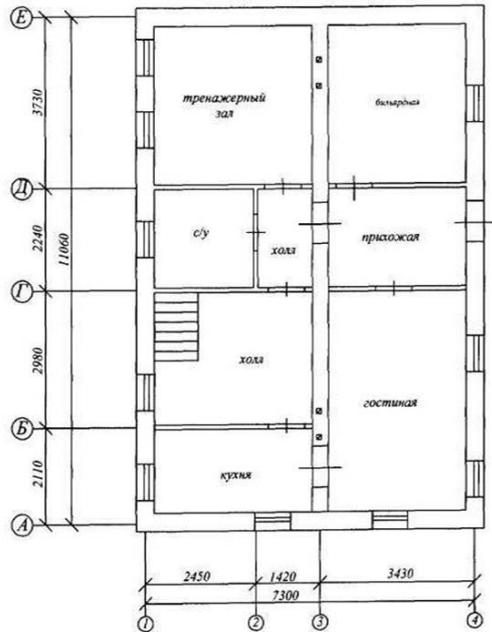


План II этажа

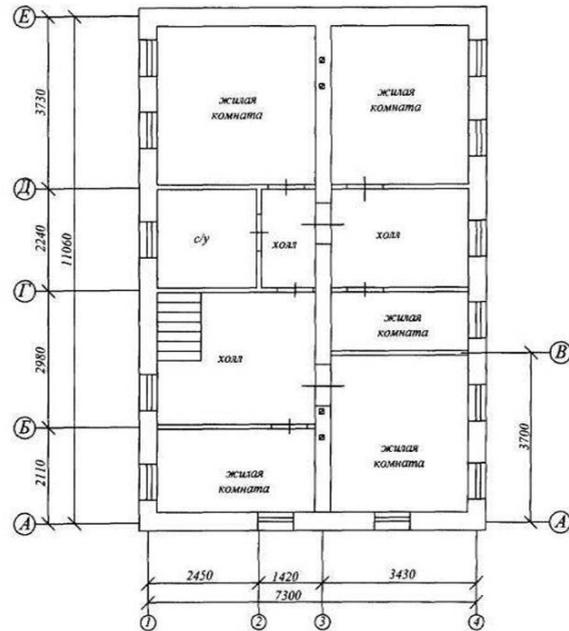


Вариант 5

План I этажа

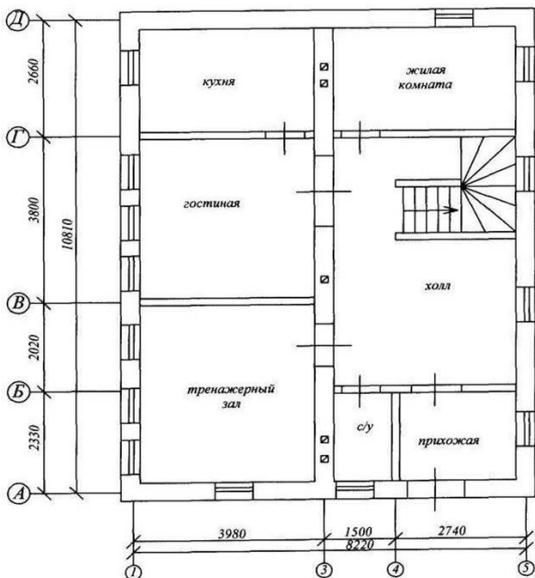


План II этажа

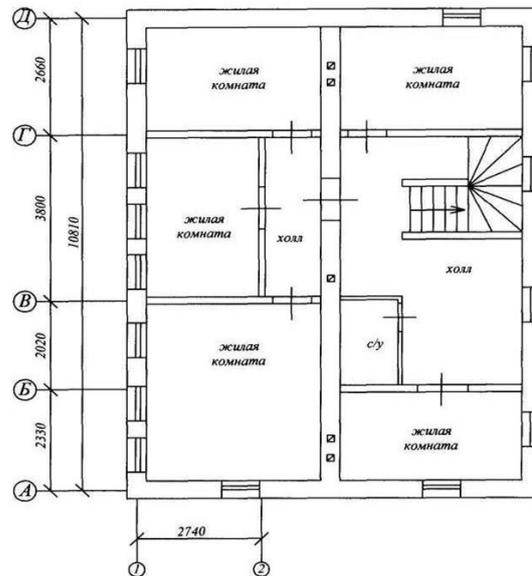


Вариант б

План I этажа

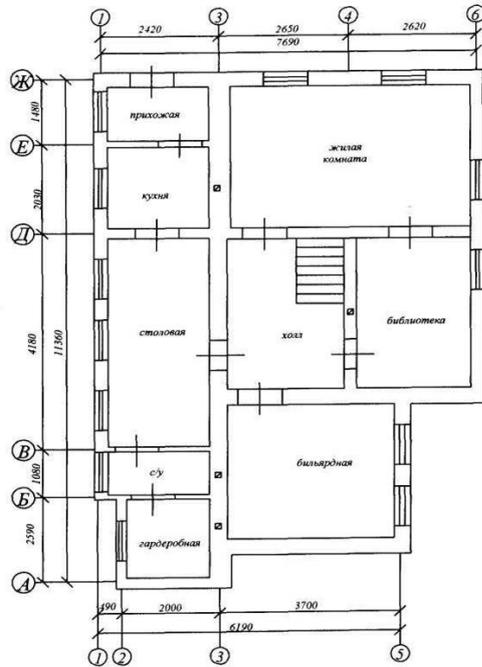


План II этажа

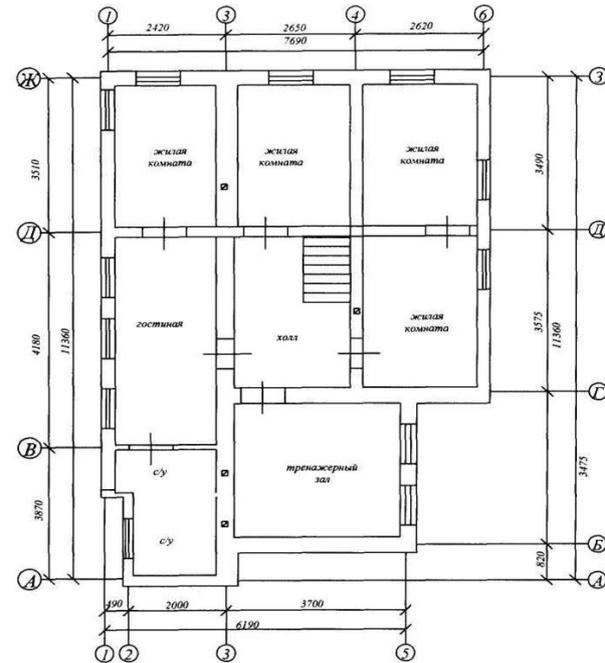


Вариант 7

План I этажа

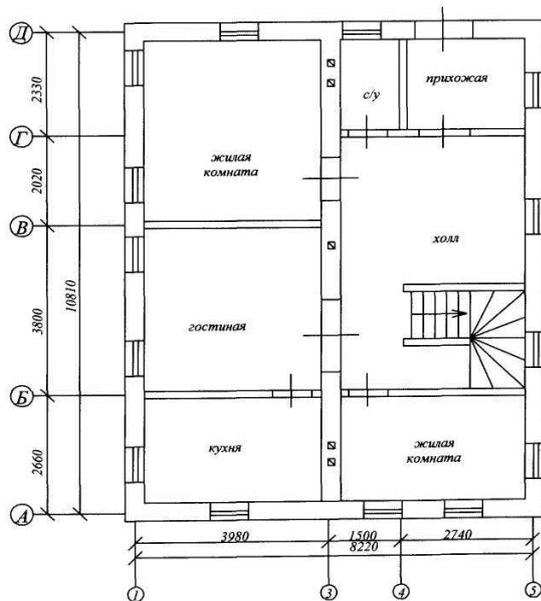


План II этажа

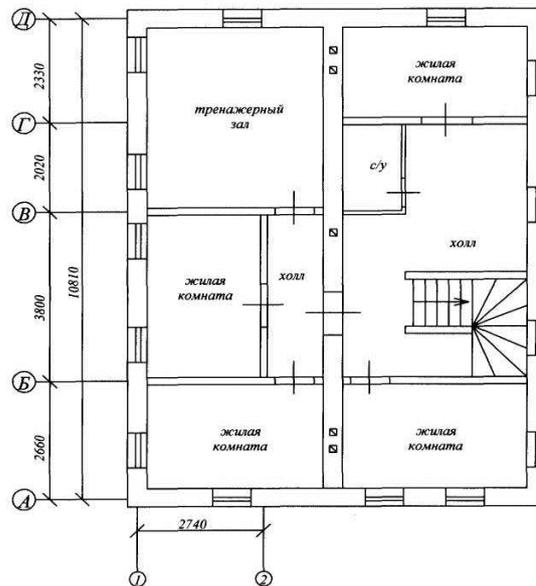


Вариант 8

План I этажа

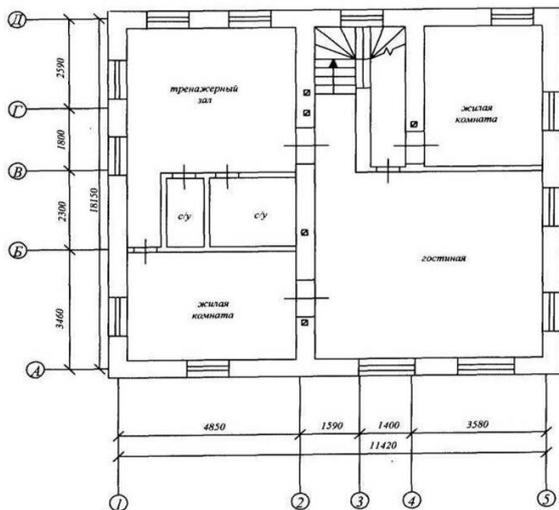


План II этажа

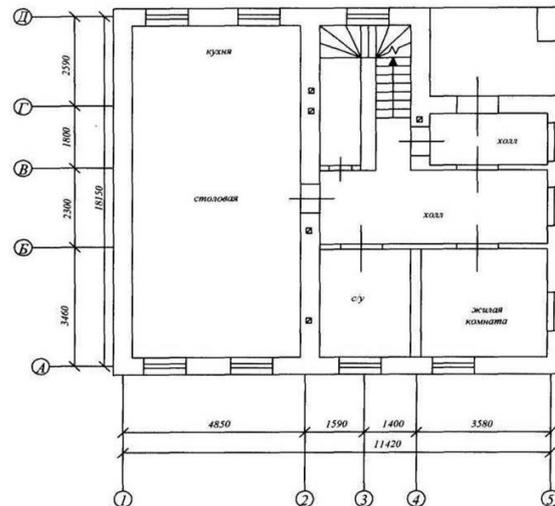


Вариант 9

План I этажа



План II этажа



Вариант 0

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1

Форма таблицы для расчета потерь теплоты

№ помещения, назначение	Наружные ограждения						Добавки		$(1 + \sum \beta)$	Q_o , Вт	Q_i , Вт	$Q_{быт}$, Вт	$Q_{п} = \sum Q_o + Q_i - Q_{быт}$, Вт
	наименование	ориентация	а, м	в, м	А, м ²	К, Вт/м ² °С	На стороны света	На врывание					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1

Типоразмерный ряд и значения площади живого сечения решеток типа РВ (м²)

Тип решетки	HxL мм	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
РВ-1	100	0,0049	0,0078	0,0107	0,0136	0,0165	0,0194	0,0223	0,0251	0,0280	0,0309	0,0338	0,0367
РВ-2		0,0040	0,0063	0,0086	0,0110	0,0133	0,0157	0,0180	0,0203	0,0227	0,0250	0,0273	0,0297
РВ-1	150	0,0078	0,0124	0,0170	0,0216	0,0262	0,0308	0,0353	0,0399	0,0445	0,0491	0,0537	0,0583
РВ-2		0,0063	0,0100	0,0137	0,0174	0,0212	0,0249	0,0286	0,0323	0,0360	0,0397	0,0434	0,0471
РВ-1	200	0,0107	0,0170	0,0233	0,0296	0,0359	0,0421	0,0484	0,0547	0,0610	0,0673	0,0736	0,0799
РВ-2		0,0086	0,0137	0,0188	0,0239	0,0290	0,0341	0,0392	0,0443	0,0493	0,0544	0,0595	0,0646
РВ-1	250	0,0136	0,0216	0,0296	0,0376	0,0455	0,0535	0,0615	0,0695	0,0775	0,0855	0,0934	0,1015
РВ-2		0,0110	0,0174	0,0239	0,0304	0,0368	0,0433	0,0498	0,0562	0,0627	0,0691	0,0756	0,0821
РВ-1	300	0,0165	0,0262	0,0359	0,0455	0,0552	0,0649	0,0746	0,0843	0,0940	0,1036	0,1134	0,1231
РВ-2		0,0133	0,0212	0,0290	0,0368	0,0447	0,0525	0,0603	0,0682	0,0760	0,0839	0,0917	0,0995
РВ-1	350	0,0194	0,0308	0,0421	0,0535	0,0650	0,0763	0,0877	0,0990	0,1105	0,1218	0,1333	0,1446
РВ-2		0,0157	0,0249	0,0341	0,0433	0,0525	0,0617	0,0709	0,0801	0,0894	0,0986	0,1078	0,1169
РВ-1	400	0,0223	0,0353	0,0484	0,0615	0,0746	0,0877	0,1088	0,1139	0,1270	0,1401	0,1532	0,1662
РВ-2		0,0180	0,0286	0,0392	0,0498	0,0603	0,0709	0,0815	0,0921	0,1027	0,1133	0,1239	0,1345