

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ**

**КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Настоящие методические указания могут быть использованы при выполнении курсовой работы по строительной теплофизике.

Вариант задания на выполнение работы выдаёт преподаватель – руководитель работы.

Выбор задания производится по таблице № 1 в соответствии с вариантом, схемы конструкций наружной стены и совмещённого покрытия приведены на рис.1 и 2. Размеры конструкций наружных ограждений на схемах даны в сантиметрах. Теплотехнические показатели строительных материалов приведены в таблице 2.

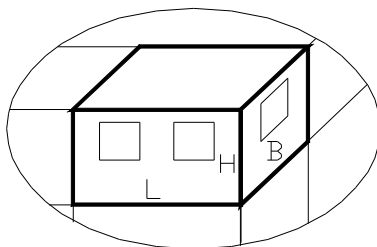
### Пример выбора задания

По номеру варианта 49 выбирается следующее задание:

Необходимо провести расчёт углового помещения верхнего этажа здания в г. Минске, конструкция наружной стены Б (рис. 1) с утепляющим слоем из матов минераловатных прошивных, конструкция совмещённого покрытия П (рис. 2) с утепляющим слоем из полистиролбетонных плит.

После выбора задания перед началом работы из [2] заполняется таблица климатологических данных для условий заданного города.

Характеристика помещения



Длина  $L=8$ м; ширина  $B=5$ м; высота  $H=3$ м.

Площадь световых проёмов 30% от площади наружных стен

## Климатологические данные

Вариант \_\_\_\_\_ Город \_\_\_\_\_

Наименование показателя	Обозначение	Численно величина	Литера- турный источник
1. Расчётная температура внутреннего воздуха	$t_{в}, ^\circ\text{C}$		табл. 4.1
2. Расчётная зимняя температура наружного воздуха	$t_{н}, ^\circ\text{C}$		табл. 5.2, табл. 4.3
3. Продолжительность отопительного периода	$z_{от}, \text{сут}$		табл. 4.4
4. Средняя за отопительный период температура наружного воздуха	$t_{н.от}, ^\circ\text{C}$		табл. 4.4
5. Средняя температура наиболее холодной пятидневки	$t, ^\circ\text{C}$		табл. 4.3
6. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	$v_{ср}, \text{м/с}$		табл. 4.5
7. Расчётная относительная влажность внутреннего воздуха	$\varphi_{в}, \%$		табл. 4.1
8. Средняя относительная влажность наружного воздуха за отопительный период	$\varphi_{н.от}, \%$		табл. 4.4

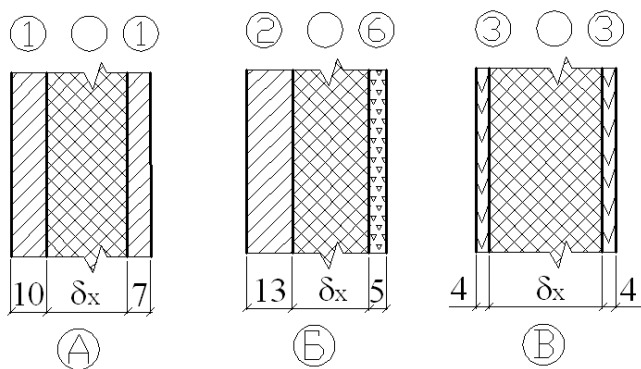


Рис. 1 – Схемы конструкций наружных стен.

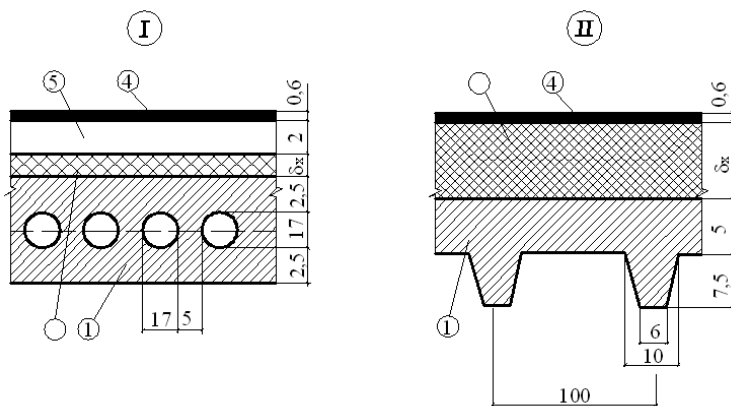


Рис.2– Схемы конструкций совмещенных покрытий.

Примечание: размеры даны в см.

Таблица 1

**Варианты заданий на курсовую работу**

Номер задания	Город	Варианты схем наружных ограждений: в числителе – схема по рис.2 и 3; в знаменателе – порядковый номер теплоизоляционного материала из таблицы 2	
		Наружная стена	Совмещенное покрытие
1	2	3	4
1	Минск	А/10	І/9
2	Витебск	Б/7	ІІ/8
3	Гомель	В/8	І/7
4	Гродно	А/9	ІІ/10
5	Могилёв	Б/10	І/9
6	Брест	В/7	ІІ/8
7	Минск	Б/8	І/7
8	Витебск	В/9	ІІ/10
9	Гомель	А/9	І/10
10	Гродно	А/8	ІІ/7
11	Могилёв	Б/7	І/8
12	Брест	В/10	ІІ/9
13	Минск	В/9	І/10
14	Витебск	А/8	ІІ/7
15	Гомель	Б/7	І/8
16	Гродно	В/10	ІІ/9
17	Могилёв	А/7	І/10
18	Брест	Б/8	ІІ/7
19	Минск	А/9	І/8
20	Витебск	А/10	ІІ/9
21	Гомель	А/8	І/10
22	Гродно	А/9	ІІ/7
23	Могилёв	А/10	І/8
24	Брест	А/7	ІІ/9
25	Минск	Б/7	ІІ/10
26	Витебск	Б/8	І/7
27	Гомель	Б/9	І/8
28	Гродно	Б/10	ІІ/9
29	Могилёв	Б/9	ІІ/10
30	Брест	Б/8	І/7
31	Минск	В/7	І/8
32	Витебск	В/10	ІІ/9
33	Гомель	В/9	ІІ/10
34	Гродно	В/8	І/10
35	Могилёв	В/7	ІІ/10
36	Брест	В/9	І/10

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
37	Минск	В/10	П/9
38	Витебск	Б/7	І/9
39	Гомель	А/8	П/7
40	Могилёв	В/9	І/7
41	Гродно	Б/10	П/9
42	Брест	А/7	І/10
43	Минск	Б/8	П/9
44	Витебск	В/9	П/10
45	Гомель	В/8	І/7
46	Гродно	Б/9	І/8
47	Могилёв	А/7	І/10
48	Брест	А/10	П/9
49	Минск	Б/10	П/9
50	Витебск	В/7	І/9

Таблица 2

**Расчётные коэффициенты теплопроводности  $\lambda$ , теплоусвоения  $s$ ,  
паропроницаемости  $\mu$  строительных материалов (режим Б)**

Материал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$s$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\mu$ , мг/(м·ч·Па)
1	2	3	4
<b>I. Конструкционные материалы</b>			
1. Железобетон	2,04	19,70	0,03
2. Кирпичная кладка из глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе	0,81	10,12	0,11
3. Сосна и ель поперёк волокон	0,35	6,33	0,32
4. Рубероид, пергамин, толь	0,17	3,53	1,1
5. Цементно-песчаный раствор	0,93	11,09	0,09
6. Известняк	1,28	13,70	0,06
<b>II. Теплоизоляционные материалы</b>			
7. Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на битумном связующем	0,11	1,72	0,38
8. Плиты пенополистирольные	0,052	0,55	0,06
9. Плиты полистиролбетонные теплоизоляционные	0,10	1,56	0,08
10. Маты минераловатные прошивные	0,07	0,82	0,3

Целью курсовой работы является теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций и теплоустойчивости помещений жилого здания, выполняемый в следующей последовательности:

- определить расчетную зимнюю температуру наружного воздуха;
- рассчитать сопротивление теплопередаче наружных стен и совмещённых покрытий;
- тепловлажностный расчет наружного ограждения:
  - проверить помещение на теплоустойчивость;
  - определить сопротивление воздухопроницанию заполнения оконного проема;
  - определить сопротивление паропроницанию наружных стен.

## 1. Расчетная зимняя температура наружного воздуха

Необходимая для расчета требуемого сопротивления теплопередаче расчетная зимняя температура наружного воздуха  $t_{н}$ , °С, принимается по [2, табл.4.3, 5.2] с учетом тепловой инерции ограждающей конструкции D.

Для предварительного расчета D принимают величину сопротивления теплопередаче наружного ограждения  $R_t$  равным нормативному сопротивлению теплопередаче  $R_{т.норм}$ . [2, табл. 5.1], затем вычисляются термические сопротивления теплопроводности конструктивных слоев и слоя утеплителя, а по их значениям предварительная величина  $D = \sum R_i \cdot S_i$ .

После окончательного расчета сопротивления теплопередаче уточняется величина тепловой инерции D и, если необходимо, расчетная зимняя температура  $t_{н}$  и требуемое сопротивление теплопередаче.

## 2. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Целью этой части курсовой работы является определение термических сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, на основании которых выбираются толщины теплоизоляционных слоёв в конструкциях наружных стен и совмещённых покрытий и определяется тепловая инерция ограждений.

В соответствии с [2, п.5.1-5.13], сопротивление теплопередаче  $R_m$  ограждающих конструкций жилых помещений, за исключением заполнений световых проёмов, следует принимать не менее нормативного сопротивле-

ния теплопередаче  $R_{т.нор}$ , приведённого в [2, табл.5.1]. Сопротивление теплопередаче  $R_m$  заполнений наружных световых проёмов должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче  $R_{т.пр}$ , приведённого в [2, табл.5.6] и не менее нормативного сопротивления теплопередаче  $R_{т.нор}$ , приведённого в [2, табл. 5.1].

После расчёта термического сопротивления ограждения  $R_m$  определяется толщина слоя утеплителя по формуле

$$d_{ym} = I_{ym} \cdot \left( R_m - \frac{1}{\alpha_e} - \frac{1}{\alpha_n} - \sum_{i=1}^n R_{ki} \right),$$

где  $R_{ki}$  – термическое сопротивление конструктивных слоёв,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ;

$\alpha_e$  и  $\alpha_n$  – коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях ограждения,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$\lambda_{ym}$  – коэффициент теплопроводности материала утеплителя,  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ .

Рассчитанная величина  $\delta_{ym}$  округляется до целого сантиметра.

В конструкциях совмещённых покрытий имеются слои, неоднородные в параллельном и перпендикулярном направлениях тепловому потоку. Методика определения приведенного термического сопротивления таких слоёв изложена в [2, п. 5.11]. Для упрощения расчётов круглые отверстия в бетонной панели (вариант I) можно заменить равновеликими по площади квадратами со стороной  $l = \sqrt{p \cdot R^2}$ , см, а рёбра в форме равнобокой трапеции (вариант II) – равновеликими по площади квадратами со стороной  $l = \sqrt{0.5 \cdot (a + b) \cdot h}$ , см. Используя полученную величину  $\delta_{ym}$  и известные толщины конструктивных слоёв ограждений по [2, ф. 5.4] вычисляется величина тепловой инерции  $D$  ограждения.

### 3. Тепловлажностный расчет наружного ограждения

В соответствии с [2, п.5.14] для многослойной ограждающей конструкции после определения сопротивления теплопередаче необходимо при расчетных параметрах внутреннего воздуха и средних температурах наружного воздуха за отопительный период определить для каждого слоя значения температур  $t$ , максимальных  $E$  и действительных  $e$  парциальных давлений водяного пара влажного воздуха, а также средние значения от-



носительной влажности  $\phi$ . Если средняя влажность слоя конструкции менее или равна 75%, то необходимо выполнить уточненный расчет сопротивления теплопроводности этого слоя, приняв условия эксплуатации А материала слоя, после чего скорректировать толщину слоя утеплителя.

Для проведения этих расчетов необходимо на графике толщи ограждения в масштабе нанести ломаные линии значений  $\tau$  и  $E$ ; на этом же графике в том же масштабе наносится прямая линия  $e_b - e_{н.от}$ ; значения которых определяются по формулам [2, ф.9.2 и 9.4].

#### 4. Теплоустойчивость помещения

Теплоустойчивость – это способность помещения сохранять неизменной температуру внутреннего воздуха при колебаниях теплового потока, поступающего в помещение от отопительных приборов.

Амплитуда колебаний температуры внутреннего воздуха  $A_b$  рассчитывается по [2, ф. 6.1], в течение суток не должна превышать  $\pm 3$  °С от расчётного значения.

Для выбора коэффициента неравномерности теплоотдачи  $m$  принимаем поквартирную водяную систему отопления помещения, коэффициенты теплопоглощения внутренних поверхностей ограждающих конструкций  $B$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), определяются в соответствии с [2, п.п.6.3 – 6.6]. Теплотери помещения определяются по соотношению

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_b - t) \cdot (1 + \beta_i) \cdot n,$$

где  $F_i$  – расчётная площадь ограждения, м<sup>2</sup>;

$R_i$  – сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$t$  – средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С;

$n$  – то же, что в [2, ф. 5.2];

$\beta_i$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые для помещений в зданиях любого назначения для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон, обращённых на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1, на юго-восток и запад – в размере 0,05, на юг и юго-запад равными 0.

В этом разделе курсовой работы также необходимо провести проверку возможности конденсации водяных паров из влажного внутреннего воздуха на внутренних поверхностях ограждений. Минимальные температуры внутренних поверхностей  $t_{e\min}$  совмещённого покрытия, наружной стены определяются по [2, ф. 6.9], минимальная температура в углу наружных стен рассчитывается по приближённому соотношению

$$t_{e\min}^{y2} = t_{e\min}^{nc} - (0,18 - 0,036 \cdot R_m^{nc}) \cdot (t_e - t_n),$$

где  $t_{e\min}^{nc}$  – минимальная температура наружных стен, определённая по [2, ф. 6.9], °С;

$R_m^{nc}$  – термическое сопротивление теплопередаче наружных стен, м<sup>2</sup>·К/Вт.

Максимальная упругость водяных паров во внутреннем воздухе определяется по соотношению  $E = 476 + (11,5 + 1,61 \cdot t_e)^2$ , действительная упругость водяных паров во внутреннем воздухе  $e_e = 0,01 \cdot j \cdot E_e$ , температура точки росы для воздуха  $t_p = 37,2 - (7 - 0,0015 \cdot e_e)^2$ . Далее проводится сравнение значений минимальных температур внутренних поверхностей наружных ограждений с  $t_p$  и определяется возможность конденсации водяного пара на внутренних поверхностях.

## **5. Сопротивление воздухопроницанию заполнения светового проема**

Сопротивление воздухопроницанию заполнений световых проемов должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию  $R_{в.тр}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/кг, определяемого по [2, ф.8.4]. При расчете разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях высоту здания от поверхности земли до верха карниза принять равной 17м.

После расчета требуемого сопротивления воздухопроницания окна  $R_{в.тр}$ , м<sup>2</sup>·ч·Па/кг, а также с учетом сопротивления теплопередаче  $R_t$  заполнения световых проемов по [2, прил. Г и Д] производится выбор заполнения световых проемов.

## 6. Сопротивление паропрооницанию наружных стен

Сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации  $R_{п}$ ,  $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ , определяемое по [2, ф.9.5] должно быть не менее требуемого сопротивления паропрооницанию  $R_{п.тр}$ ,  $m^2 \cdot ч \cdot Па/мг$ , определяемого по [2, ф.9.1]. В соответствии с [2, п.9.2] принимают, что плоскость возможной конденсации в многослойной конструкции совпадает с поверхностью теплоизоляционного слоя, ближайшей к наружной поверхности ограждения.

В случае, если в результате расчетов окажется, что требования по сопротивлению паропрооницанию не выполняются и  $R_{п} < R_{п.тр}$ , то в конструкции наружного ограждения необходимо предусмотреть пароизоляцию с сопротивлением паропрооницанию  $R_{п.из} > (R_{п.тр} - R_{п})$ , для чего использовать материалы, указанные в [2, прил.Ж].

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ**

**КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

**заочной формы обучения**

Целью контрольной работы является проведение теплотехнического расчёта наружных ограждающих конструкций жилого помещения в соответствии с требованиями [2].

Контрольная работа включает в себя:

1. Расчёт сопротивления теплопередаче наружного ограждения.
2. Тепловлажностный расчёт наружного ограждения.
3. Расчёт теплоустойчивости помещения.
4. Расчёт температур внутренних поверхностей помещения и проверка возможности конденсации водяных паров из влажного воздуха на внутренних поверхностях.
5. Расчёт сопротивления воздухопроницанию заполнения оконного проёма и выбор его конструкции.

Вариант задания на выполнение работы выдаёт преподаватель – руководитель работы.

Выбор задания производится по таблице №1 в соответствии с вариантом, схемы конструкций наружной стены приведены на рисунке 2. Размеры конструкций наружных ограждений на схемах даны в сантиметрах. Теплотехнические показатели строительных материалов приведены в таблице 2.

## 1 Пример выбора задания

По номеру варианта 48 выбирается следующее задание:

Необходимо провести расчёт углового помещения верхнего этажа здания в г. Минске, конструкция наружной стены Б (рис. 2) с утепляющим слоем из матов минераловатных прошивных.

После выбора задания перед началом работы из [2] заполняется таблица климатологических данных для условий заданного города.

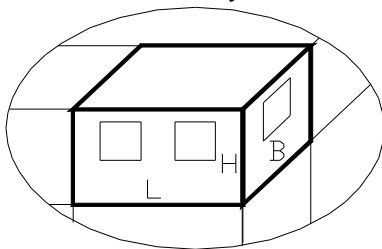


Рисунок 1. Характеристика помещения: длина  $L=8\text{м}$ ; ширина  $B=5\text{м}$ ; высота  $H=3\text{м}$ ; площадь световых проёмов 30% от площади наружных стен

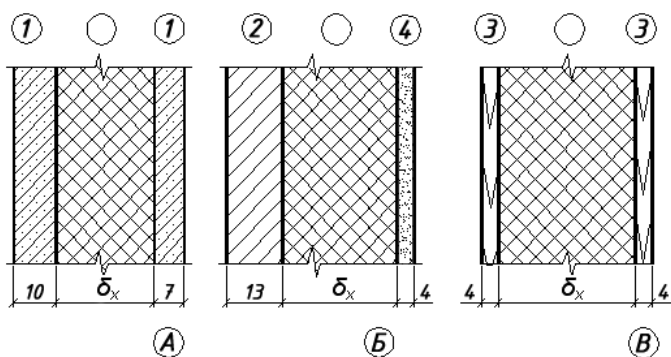


Рисунок 2. Схемы конструкций наружных стен

### Климатологические данные

Вариант \_\_\_\_\_ Город \_\_\_\_\_

Наименование показателя	Обозначение	Численно величина	Литературный источник
1. Расчётная температура внутреннего воздуха	$t_{в}, ^\circ\text{C}$		табл. 4.1
2. Расчётная зимняя температура наружного воздуха	$t_{н}, ^\circ\text{C}$		табл. 5.2, табл. 4.3
3. Продолжительность отопительного периода	$z_{от}, \text{сут}$		табл. 4.4
4. Средняя за отопительный период температура наружного воздуха	$t_{н.от}, ^\circ\text{C}$		табл. 4.4
5. Средняя температура наиболее холодной пятидневки	$t, ^\circ\text{C}$		табл. 4.3
6. Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	$v_{ср}, \text{м/с}$		табл. 4.5
7. Расчётная относительная влажность внутреннего воздуха	$\varphi_{в}, \%$		табл. 4.1

Таблица 1

**Варианты заданий**

Номер задания	Город	Варианты схем наружных стен: в числителе - схема по рис.2; в знаменателе - порядковый номер теплоизоляционного материала из таблицы 2	Номер задания	Город	Варианты схем наружных стен: в числителе - схема по рис.2; в знаменателе - порядковый номер теплоизоляционного материала из таблицы 2
1	Минск	А/6	26	Витебск	Б/8
2	Витебск	Б/7	27	Гомель	Б/9
3	Гомель	В/8	28	Гродно	Б/6
4	Гродно	А/9	29	Могилёв	Б/9
5	Могилёв	Б/6	30	Брест	Б/8
6	Брест	В/7	31	Минск	В/7
7	Минск	Б/8	32	Витебск	В/6
8	Витебск	В/9	33	Гомель	В/9
9	Гомель	А/9	34	Гродно	В/8
10	Гродно	А/8	35	Могилев	В/7
11	Могилёв	Б/7	36	Брест	В/9
12	Брест	В/6	37	Минск	В/6
13	Минск	В/9	38	Витебск	Б/7
14	Витебск	А/8	39	Гомель	А/8
15	Гомель	Б/7	40	Гродно	В/9
16	Гродно	В/6	41	Могилёв	Б/6
17	Могилёв	А/7	42	Брест	А/7
18	Брест	Б/8	43	Минск	Б/8
19	Минск	А/9	44	Витебск	В/9
20	Витебск	А/6	45	Гомель	В/8
21	Гомель	А/8	46	Гродно	Б/9
22	Гродно	А/9	47	Могилев	А/7
23	Могилёв	А/6	48	Брест	А/6
24	Брест	А/7	49	Минск	Б/6
25	Минск	Б/7	50	Витебск	В/7

Таблица 2

**Расчётные коэффициенты теплопроводности  $\lambda$ ,  
теплоусвоения  $s$  строительных материалов (режим Б)**

№	Материал	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$s$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
<b>I. Конструкционные материалы</b>			
1	Железобетон	2,04	19,70
2	Кирпичная кладка из глиняного кирпича на цементно-песчаном растворе	0,81	10,12
3	Сосна и ель поперёк волокон	0,35	6,33
4	Известняк	1,28	13,70
<b>II. Теплоизоляционные материалы</b>			
6	Маты минераловатные прошивные	0,07	0,82
7	Плиты мягкие, полужёсткие и жёсткие минераловатные на битумном связующем	0,11	1,72
8	Плиты пенополистирольные	0,052	0,55
9	Плиты полистиролбетонные теплоизоляционные	0,10	1,56

## 2 Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Целью этой части курсовой работы является определение термических сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, на основании которых выбираются толщины теплоизоляционных слоёв в конструкциях наружных стен и определяется тепловая инерция ограждений.

В соответствии с [2, п. 5.1÷5.13], сопротивление теплопередаче  $R_t$  ограждающих конструкций жилых помещений, за исключением заполнений световых проёмов, следует принимать не менее нормативного сопротивления теплопередаче  $R_{t,нор}$ , приведённого в [2, табл. 5.1]. Сопротивление теплопередаче  $R_t$  заполнений наружных световых проёмов должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче  $R_{t,тр}$ , приведённого в [2, табл. 5.6] и не менее нормативного сопротивления теплопередаче  $R_{t,нор}$ , приведённого в [2, табл. 5.1].



После расчёта термического сопротивления ограждения  $R_T$  определяется толщина слоя утеплителя по формуле

$$d_{ym} = l_{ym} \cdot \left( R_m - \frac{1}{\alpha_e} - \frac{1}{\alpha_n} - \sum_{i=1}^n R_{ki} \right),$$

где  $R_{ki}$  – термическое сопротивление конструктивных слоёв,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ;

$\alpha_e$  и  $\alpha_n$  – коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях ограждения,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$\lambda_{yt}$  – коэффициент теплопроводности материала утеплителя,  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ .

Расчитанная величина  $\delta_{yt}$  округляется до целого сантиметра.

Используя полученную величину  $\delta_{yt}$  и известные толщины конструктивных слоёв ограждений по [2, ф.5.4] вычисляется величина тепловой инерции  $D$  ограждения.

### 3 Тепловлажностный расчёт наружного ограждения

В соответствии с [2, п.5.14] для многослойной ограждающей конструкции после определения сопротивления теплопередаче необходимо при расчётных параметрах внутреннего воздуха и средних параметрах наружного воздуха за отопительный период определить для каждого слоя значения температур, максимальных и действительных парциальных давлений водяного пара влажного воздуха, а также средние значения относительной влажности. Если средняя влажность слоя конструкции менее или равна 75%, то необходимо выполнить уточнённый расчёт сопротивления теплопроводности этого слоя, приняв условия эксплуатации  $A$  материала слоя, после чего скорректировать толщину слоя утеплителя.

### 4 Теплоустойчивость помещения

Теплоустойчивость – это способность помещения сохранять неизменной температуру внутреннего воздуха при колебаниях теплового потока, поступающего в помещение от отопительных приборов.

Амплитуда колебаний температуры внутреннего воздуха  $A_v$  рассчитывается по [2, ф.6.1], в течение суток не должна превышать  $\pm 3$  °C от расчётного значения.

Для выбора коэффициента неравномерности теплоотдачи  $m$  принимаем поквартирную водяную систему отопления помещения, коэффициенты теплопоглощения внутренних поверхностей ограждающих конструкций  $B$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), определяются в соответствии с [2, п.п.6.3÷6.6]. Теплопотери помещения определяются по соотношению

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} \cdot (t_g - t) \cdot (1 + b_i) \cdot n,$$

где  $F_i$  – расчётная площадь ограждения, м<sup>2</sup>;

$R_i$  – сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$t$  – средняя температура наиболее холодной пятидневки, °C;

$n$  – то же, что в [2, ф. 5.2];

$\beta_i$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые для помещений в зданиях любого назначения для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон, обращённых на север, восток, северо-восток и северо-запад – в размере 0,1, на юго-восток и запад – в размере 0,05, на юг и юго-запад равными 0.

В этом разделе курсовой работы также необходимо провести проверку возможности конденсации водяных паров из влажного внутреннего воздуха на внутренних поверхностях ограждений. Минимальные температуры внутренних поверхностей  $t_{\text{вmin}}$  совмещённого покрытия, наружной стены определяются по [2, ф. 6.9], минимальная температура в углу наружных стен рассчитывается по приближённому соотношению

$$t_{g \text{ min}}^{\text{уг}} = t_{g \text{ min}}^{\text{HC}} - (0,18 - 0,036 \cdot R_m^{\text{HC}}) \cdot (t_g - t_n),$$

где  $t_{g \text{ min}}^{\text{HC}}$  – минимальная температура наружных стен, определённая по [2, ф. 6.9], °C;

$R_m^{\text{HC}}$  – термическое сопротивление теплопередаче наружных стен, м<sup>2</sup>·К/Вт.

Максимальная упругость водяных паров во внутреннем воздухе определяется по соотношению  $E = 476 + (1,5 + 1,61 \cdot t_g)^2$ , действительная упругость водяных паров во внутреннем воздухе  $e_g = 0,01 \cdot j \cdot E_g$ , температура точки росы для воздуха  $t_p = 37,2 - (7 - 0,0015 \cdot e_g)^2$ . Далее проводится сравнение значений минимальных температур внутренних поверхностей наружных ограждений с  $t_p$  и определяется возможность конденсации водяного пара на внутренних поверхностях.

## **5 Расчёт сопротивления воздухопроницанию заполнения оконного проёма и выбор его конструкции**

Сопротивление воздухопроницанию заполнений световых проёмов, должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию  $R_{в.тр}$ ,  $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$ , определяемого по [2, ф.8.4]. При расчёте разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях высоту здания от поверхности земли до верха карниза принимать равной 17 м.

После расчёта требуемого сопротивления воздухопроницания окна  $R_{в.тр}$ ,  $m^2 \cdot ч \cdot Па/кг$ , а также с учётом сопротивления теплопередаче  $R_T$  заполнений световых проёмов по [2, прил. Г] и [2, прил. Д] производится выбор конструкции заполнения световых проёмов.