

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

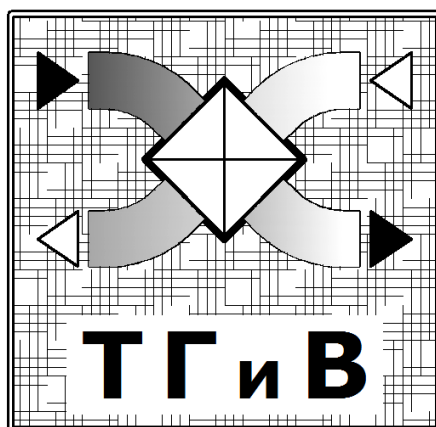
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»  
Кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики

Р.Ш. МАНСУРОВ

# ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Рекомендовано к изданию  
Редакционно – издательским советом  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»



Оренбург 2007

УДК 621.1 (076.5)  
ББК 38.113я73  
М-23

Рецензент  
кандидат технических наук, доцент Б.М. Легких

**Мансуров, Р. Ш.**  
**М-23** **Теплотехнический расчет наружных ограждений [Текст]:  
методические указания/ Р. Ш. Мансуров. – Оренбург: ГОУ ОГУ,  
2007. - 33 с.**

Методические указания предназначены для выполнения курсовой работы по курсу «Строительная теплофизика».

Методические указания предназначены для студентов направления 270100-Строительство, специальности 270109 «Теплогасоснабжение и вентиляция», обучающихся на очном, очно - заочном и заочном факультетах по программам высшего профессионального образования.

ББК 38.113я73

© Мансуров Р.Ш., 2007  
© ГОУ ОГУ, 2007

## Содержание

<u>Введение.....</u>	<u>4</u>
<u>1 Задание на проектирование и выбор исходных данных для расчета.....</u>	<u>5</u>
<u>1.1Расчётно-пояснительная записка.....</u>	<u>5</u>
<u>1.2Графическая часть.....</u>	<u>5</u>
<u>1.3Климатические данные (основные).....</u>	<u>5</u>
<u>1.4Выбор конструкции наружных ограждений и строительных материалов... 6</u>	<u>6</u>
<u>1.5Порядок расчета термического сопротивления, тепловой инерции и воздухопроницания наружных ограждений здания.....</u>	<u>6</u>
<u>1.6Порядок расчета паропроницания наружных ограждений:.....</u>	<u>7</u>
<u>1.7Порядок расчета теплоустойчивости наружных стен здания в теплый и холодный периоды года.....</u>	<u>8</u>
<u>1.8Проверка теплоусвоения поверхности пола перекрытия над подвалом.....</u>	<u>9</u>
<u>2 Краткие методические указания.....</u>	<u>10</u>
<u>2.1Определение требуемого термического сопротивления теплопередаче и необходимой толщины слоя тепловой изоляции наружного ограждения при зимних условиях эксплуатации.....</u>	<u>10</u>
<u>2.2Расчет термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции (многопустотной ж/б плиты, многослойной каменной стены облегченной кладки с теплоизоляционным слоем и т.п.).....</u>	<u>12</u>
<u>2.3Определение тепловой инерции ограждения.....</u>	<u>13</u>
<u>2.4Определение требуемых термических сопротивлений теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям и по условиям энергосбережения окон и наружных дверей.....</u>	<u>14</u>
<u>2.5Расчет температуры точки росы расчетного помещения и сравнение с температурами на внутренних поверхностях ограждающих конструкций и в углах помещений, имеющих две и более наружных стены.....</u>	<u>15</u>
<u>2.6Расчет требуемого и фактического сопротивления воздухопроницанию конструкций наружных стен.....</u>	<u>15</u>
<u>2.7Расчет паропроницания наружных ограждений.....</u>	<u>16</u>
<u>3 Расчет теплоустойчивости наружных стен и покрытия здания в теплый и холодный периоды года.....</u>	<u>20</u>
<u>3.1Проверка теплоусвоения поверхности пола перекрытия над подвалом.....</u>	<u>24</u>
<u>4 Литература, рекомендуемая для изучения курса.....</u>	<u>26</u>
<u>Приложение А.....</u>	<u>27</u>
<u>Приложение Б.....</u>	<u>30</u>

## Введение

Методические указания содержат рекомендуемую литературу необходимую для успешного выполнения курсовой работы, а также краткий теоретический материал.

При проектировании зданий, а также в процессе проведения ремонтно-строительных и реконструкционных работ должны учитываться современные нормативные требования к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций.

Улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий необходимо при утеплении конструкций зданий в целях: повышения их теплозащиты, если они не соответствует требованиям; устранения эксплуатационных дефектов дома, в частности, промерзания ограждающих конструкций, снижения тепловой нагрузки на систему отопления, обеспечения комфортного микроклимата в зданиях.

В процессе работы студент выполняет теплотехнические расчеты наружных ограждений.

В результате выполнения курсовой работы должны быть запроектированы ограждающие конструкции с учетом тепло- и массообменных процессов, проходящих в них.

Поскольку материалы выполненной курсовой работы будут использованы для выполнения курсовой работы «Расчет теплового режима здания» в текущем семестре, то защищённая курсовая работа хранится студентом и сдаётся на кафедру вместе со следующей курсовой работой.

### Объем отдельных разделов курсовой работы

Раздел проекта	Объем, %
Краткое описание	3
Выбор и описание конструкций наружных ограждений	5
Расчет термических сопротивлений наружных ограждений	10
Расчет тепловой инерции наружных ограждений	10
Расчет температуры точки росы	2
Расчет сопротивления воздухопроницанию	10
Расчет паропроницания наружных ограждений	15
Расчет теплоустойчивости наружных ограждений	15
Проверка теплоусвоения поверхности пола	10
Оформление пояснительной записки	20

# **1 Задание на проектирование и выбор исходных данных для расчета**

## **1.1 Расчётно-пояснительная записка**

Пояснительная записка представляет собой последовательное изложение расчётного материала со всеми соответствующими схемами и ссылками на использованную литературу. Объём пояснительной записки должен быть не более 30 страниц.

Записка начинается с аннотации (не более 1 страницы), где приводится обоснование выполнения теплотехнических расчетов ограждающих частей здания.

В начале записки должны быть помещены: краткая техническая характеристика конструкции и материалов - наружной стены, покрытия (или чердачного перекрытия), перекрытия над холодными подпольями и подвалами; климатическая характеристика района застройки и нормативные параметры микроклимата расчетного помещения.

## **1.2 Графическая часть**

Графическая часть проекта включает: эскизы конструкций наружных ограждений (стены, пола над не отапливаемым подвалом, покрытия или чердачного перекрытия); графики распределения температур и парциального давления водяных паров в толще наружной стены.

Эскизы и графики выполняются на миллиметровой бумаге стандартных форматов А3 или А4. Рекомендуется применять масштабы уменьшения эскизов 1:2, 1:4.

На эскизах должны быть указаны толщины конструктивных слоев ограждений, используемые строительные материалы. При выполнении чертежей следует обратить внимание на соответствие их теплотехническому расчёту наружных ограждений.

## **1.3 Климатические данные (основные)**

Для выполнения теплотехнического расчёта наружных ограждений необходимы следующие исходные данные:

- 1) район строительства (город);
- 2) географическая широта;
- 3) влажностная зона района строительства;
- 4) назначение расчетного помещения (например, жилая комната)
- 5) влажностный режим эксплуатации расчетного помещения;
- 6) температура наружного воздуха, средняя наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;
- 7) температура наружного воздуха, средняя наиболее холодного месяца;
- 8) температура наружного воздуха, средняя наиболее жаркого месяца;
- 9) относительная влажность наружного воздуха в наиболее холодный зимний и наиболее жаркий летний месяцы;
- 10) скорость ветра для холодного и теплого периодов года;
- 11) средняя температура за отопительный период;
- 12) продолжительность отопительного периода;

- 13) максимальное значение суммарной солнечной радиации в теплый период года;
- 14) среднее значение суммарной солнечной радиации в теплый период года;
- 15) максимальная амплитуда колебаний температуры самого жаркого и самого холодного месяцев;
- 16) среднее значение среднемесячных температур зимнего периода;
- 17) средняя за зимний период упругость водяного пара;
- 18) максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь;
- 19) минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль.

Часть исходных данных указана в задании, остальные принимаются студентом самостоятельно в соответствии с рекомендациями ГОСТ 30494-96, ГОСТ 12.1.005-88, СНиП 23-02-2003, СП 23-101-2004, СНиП 23-01-99, СНиП 41-01-2003.

#### **1.4 Выбор конструкции наружных ограждений и строительных материалов**

Правильный выбор конструкции наружного ограждения зависит от используемых в конструкции ограждения строительных материалов, их толщин и последовательности расположения, относительно друг друга. Студент обязан рассчитать 5 различных вариантов компоновки наружной стены, выбрать из них только те, которые удовлетворяют всем тепло-влажностным требованиям, предъявляемым к наружным ограждениям. Конструкции пола над не отапливаемым подвалом, покрытия (или чердачного перекрытия) студент рассчитывает по одному варианту.

В пояснительной записке даётся описание конструктивных особенностей выбранных наружных ограждений, строительных материалов и их основных теплотехнических характеристик.

#### **1.5 Порядок расчета термического сопротивления, тепловой инерции и воздухопроницаемости наружных ограждений здания**

- 1) определение климатических характеристик района застройки и нормативных параметров микроклимата расчетного помещения согласно СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»;
- 2) определение требуемых термических сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций (наружной стены, перекрытия над подвалом, покрытия, окна, наружной двери) по санитарно-гигиеническим требованиям и по условиям энергосбережения, согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»;
- 3) определение термического сопротивления многопустотной ж/б плиты;
- 4) определение толщины теплоизоляционного слоя, исходя из найденного требуемого термического сопротивления (по условиям энергосбережения)

и конструкции ограждения (наружной стены – 5 вариантов, перекрытия над подвалом, покрытия);

- 5) определение фактического сопротивления ограждения;
- 6) определение тепловой инерции ограждения;
- 7) определение толщины и удельного веса ограждающей конструкции (стены, перекрытия над подвалом и покрытия);
- 8) определение требуемых термических сопротивлений теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям и по условиям энергосбережения окон и наружных дверей;
- 9) выбор конструкции окна и расчет толщины теплоизоляционного слоя наружной двери исходя из найденных требуемых термических сопротивлений (по условиям энергосбережения);
- 10) определение фактического сопротивления окна и наружной двери;
- 11) расчет температуры точки росы расчетного помещения и сравнение с температурами на внутренних поверхностях ограждающих конструкций и в углах помещений, имеющих две и более наружных стены;
- 12) расчет требуемого и фактического сопротивления воздухопроницанию конструкций наружных стен;
- 13) выбор конструкций наружной стены для расчета паропроницания, удовлетворяющих: требуемому термическому сопротивлению, тепловой инерции, требуемому сопротивлению воздухопроницанию.

Результаты расчета сводятся в таблицу Б.1 и Б.2 приложения.

#### **1.6 Порядок расчета паропроницания наружных ограждений:**

- 1) прежде необходимо вычертить на миллиметровой бумаге эскизы варианта наружной стены удовлетворяющего требованиям предыдущих расчетов (сопротивлению теплопередаче, тепловой инерции, воздухопроницанию);
- 2) выделить расчетные сечения перпендикулярно тепловому потоку в каждом конструктивном слое (не менее 3-х), кроме отделочных (штукатурных) слоёв в виду их незначительной толщины;
- 3) рассчитать температуры на поверхностях ограждения и в толще (между слоями и в расчетных сечениях);
- 4) определить максимальные парциальные давления водяных паров соответствующие температурам на поверхностях, на границах слоёв и в расчетных сечениях ограждения по таблице 2 приложения А;
- 5) рассчитать действительное парциальное давление водяных паров на поверхностях и в толще ограждения;
- 6) вычертить на эскизах наружной стены графики распределения температуры, максимальной и действительной упругости водяного пара по толщине конструкции. Масштаб шкалы температур и масштаб шкалы парциального давления (максимального и действительного) выбираются таким образом, чтобы графики не выходили по высоте за пределы эскиза;

- 7) далее необходимо выявить конструкции наружных стен, в которых линии максимальной и действительной упругости водяного пара пересеклись. Места, в которых действительная упругость больше чем максимальная являются зонами вероятного увлажнения материала. В этом случае необходимо выполнить следующие действия:
  - рассчитать степень увлажнения конструктивных слоёв в зоне увлажнения;
  - сравнить с допустимым увлажнением для каждого конкретного материала.
- 8) после выявления конструкций с возможными зонами конденсации влаги, необходимо выбрать конструкцию (конструкции) в которых не происходит увлажнения конструкционных слоёв, если же таких нет, то необходимо выбрать такие конструкции, в которых увлажнение не превышает допустимой величины, если же и таких нет, то потребуется задаться новой конструкцией наружной стены или другими материалами конструктивных слоёв и произвести расчет с самого начала;
- 9) варианты конструкций наружных стен, в которых не происходит конденсации влаги, будут являться расчетными для проверки на теплоустойчивость наружных стен здания в теплый и холодный периоды года.

#### **1.7 Порядок расчета теплоустойчивости наружных стен здания в теплый и холодный периоды года**

Для расчета теплоустойчивости из вариантов наружных стен, прошедших проверку на конденсацию влаги в толще конструкции, необходимо выбрать один (любой) вариант.

##### **Теплый период года:**

- 1) определить коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждения (наружной стены и покрытия);
- 2) для заданного населенного пункта выписать среднемесячную температуру наружного воздуха за июль, максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), минимальную из скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, максимальную амплитуду суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле [СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»];
- 3) выписать термическое сопротивление и тепловую инерцию каждого слоя и конструкции в целом из расчетных таблиц 1 и 2 приложения Б;
- 4) определить требуемую амплитуду колебаний температуры на внутренней поверхности ограждающей поверхности;
- 5) определить удельную теплоотдачу наружной поверхности по летним условиям;
- 6) определить расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха;
- 7) определить коэффициенты теплоусвоения слоев наружной поверхности (наружной стены и покрытия) при суммарной их тепловой инерции не менее единицы;



- 8) определить величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции и сравнить ее с требуемой величиной;
- 9) в случае не соответствия требованиям норм необходимо внести изменения в принятую конструкцию ограждения и выполнить все теплотехнические расчеты выполненные ранее.

#### **Холодный период года:**

- 1) для заданного населенного пункта выписать максимальную амплитуду суточных колебаний температуры наружного воздуха в январе [СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика»];
- 2) выписать термическое сопротивление и тепловую инерцию каждого слоя и конструкции в целом из расчетных таблиц 1 и 2 приложения Б;
- 3) определить величину затухания температурных колебаний внутри конструкции;
- 4) определить время, необходимое для сквозного проникновения температурных колебаний и сравнить его с нормативным (для наружных стен – 120 часов; для перекрытий над подвалами, покрытий и чердачных перекрытий – 72 часа);
- 5) определить амплитуду колебания температуры на внутренней поверхности наружного ограждения;
- 6) из теплотехнического расчета выписать температуру на внутренней поверхности ограждения, определить минимальную температуру на ней (с учетом амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности) и сравнить её с температурой точки росы расчетного помещения;
- 7) в случае если температура на внутренней поверхности окажется ниже температуры точки росы необходимо внести изменения в принятую конструкцию ограждения и выполнить все теплотехнические расчеты выполненные ранее.

#### **1.8 Проверка теплоусвоения поверхности пола перекрытия над подвалом**

- 1) установить нормативное значение показателя теплоусвоения поверхности пола в зависимости от назначения здания;
- 2) определить расчетное значение показателя теплоусвоения поверхности пола;
- 3) сравнить полученное значение теплоусвоения поверхности пола с нормативным показателем;
- 4) в случае не соответствия требованиям норм необходимо внести изменения в принятую конструкцию пола и выполнить все теплотехнические расчеты выполненные ранее.

## 2 Краткие методические указания

### 2.1 Определение требуемого термического сопротивления теплопередаче и необходимой толщины слоя тепловой изоляции наружного ограждения при зимних условиях эксплуатации

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции по санитарно-гигиеническим требованиям  $R_0^{mp}$ , (м<sup>2</sup> °С)/Вт определяется:

$$R_0^{mp} = \frac{n(t_e - t_n)}{\Delta t^n \alpha_e} \quad (1)$$

где

$n$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$t_e$  - расчётная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая в соответствии с заданием;

$\Delta t^n$  - нормативный (по санитарно-гигиеническим требованиям) температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С;

$\alpha_e$  - удельное тепловосприятие внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> °С);

$t_n$  - расчётная зимняя температура наружного воздуха, °С, которая принимается по СНиП как средняя расчётная температура самой холодной пятидневки  $t_{н5}$  с обеспеченностью 0,92.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции по энергосберегающим требованиям  $R_0^{mp}$ , (м<sup>2</sup> °С)/Вт определяется:

$$R_0^{mp} = f(ГСОП) \quad (2)$$

где

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода определяются по формуле:

$$ГСОП = (t_e - t_{on})z_0 \quad (3)$$

$t_e$  – тоже, что в (1);

$t_{on}$  - средняя температура периода со средней суточной темп. воздуха  $\leq 8^\circ\text{C}$ ;

$z_0$  - продолжительность отопительного периода, суток, со среднесуточной температурой наружного воздуха  $\leq 8^\circ\text{C}$ .

Приведённое сопротивление теплопередаче  $R_{np}$  ограждающих конструкций должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче, определённого исходя из санитарно-гигиенических условий – по формуле (1) и условий энергосбережения – формуле (2).

Таблица 1. Зависимость  $R_0^{mp} = f(ГСОП)$

Наименование ограждения	Жилые здания	Общественные здания	Производственные здания
Стены	1,4+0,00035*ГСОП	1,2+0,0003*ГСОП	1,0+0,0002*ГСОП

Покрытия и перекрытия над проездами	2,2+0,0005*ГСОП	1,6+0,0004*ГСОП	1,5+0,00025*ГСОП
Чердачные перекрытия, над холодными подпольями и подвалами	1,9+0,00045*ГСОП	1,3+0,00035*ГСОП	1,0+0,0002*ГСОП
Окна и балконные двери	при ГСОП>7000 0,15+0,000075*ГСОП П при ГСОП<7000 0,5+0,000025*ГСОП	0,2+0,00005*ГСОП П	0,2+0,000025*ГСОП

Фактическое сопротивление  $R_{\phi}$  теплопередачи ограждающей конструкции должно быть не менее, или равно приведенному сопротивлению:

$$R_{\phi} \geq R_{np} \quad (4)$$

Общее (фактическое) сопротивление теплопередаче складывается из граничных сопротивлений теплоперехода и термических сопротивлений отдельных слоёв:

$$R_{\phi} = \frac{1}{\alpha_{\epsilon}} + R_k + \frac{1}{\alpha_n} \quad (5)$$

Термические сопротивления на внутренней  $\alpha_{\epsilon}$  и наружной  $\alpha_n$  поверхности  $R_{\epsilon}$  и  $R_n$  (граничные сопротивления теплоперехода) равны соответственно:

$$R_{\epsilon} = \frac{1}{\alpha_{\epsilon}} ; \quad R_n = \frac{1}{\alpha_n} \quad (6)$$

Таблица 2. Величины удельной тепло- и массо(паро)-отдачи (восприятия) и соответствующие им сопротивления на поверхностях наружных стен

Поверхность	$\alpha$ [Вт/(м <sup>2</sup> °С)]	$\chi$ [мг/(м <sup>2</sup> Па час)]	$R = 1/\alpha$	$R^n = 1/\chi$
наружная	23	75,2	0,0435	0,0133
внутренняя	8,7	37,6	0,115	0,0266

Термическое сопротивление многослойной конструкции  $R_k$  определяется суммой термических сопротивлений слоев  $R_i$  и воздушной прослойки:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\epsilon.n} \quad (7)$$

Термическое сопротивление  $i$  слоя ограждения определяется в зависимости от толщины и коэффициента теплопроводности материала

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (8)$$

В случае многослойной конструкции, толщина тепловой изоляции (утеплителя) определяется, м:

$$\delta_{ym} = \lambda_{ym} \left[ R_{np} - \left( \frac{1}{\alpha_{\epsilon}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \right] \quad (9)$$

где  $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  - сумма термических сопротивлений слоёв, для которых известна толщина  $\delta_i$  и удельная теплопроводность  $\lambda_i$  используемого в них материала. Окончательную (фактическую) толщину слоя утеплителя  $\delta_\phi$  принимают, округлив ее в большую сторону или до ближайшего большего типоразмера.

Принятую толщину утепляющего слоя учитывают при определении фактического сопротивления  $R_\phi$  теплопередаче ограждающей конструкции.

## 2.2 Расчет термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции (многопустотной ж/б плиты, многослойной каменной стены облегченной кладки с теплоизоляционным слоем и т.п.)

Расчет ведется приближенным (инженерным) методом. Суть его состоит в определении приведенной величины термического сопротивления конструкции по значениям термических сопротивлений её отдельных участков. Теплофизический расчет ведется в два этапа, рассчитывая теплофизические показатели сначала в направлении параллельном тепловому потоку, а затем перпендикулярном.

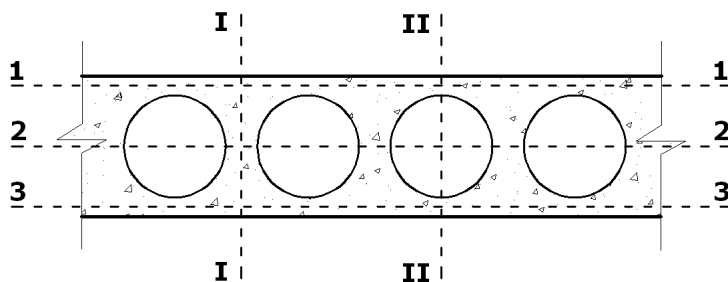


Рисунок 1 Схема сечения неоднородной конструкции на характерные участки (на примере ж/б многопустотной плиты)

Для первого этапа расчета конструкция сечется плоскостями параллельными тепловому потоку на участки с разными теплофизическими свойствами (например,  $I, II$ ). Термическое сопротивление  $R_i$  каждого участка определяется как сумма термических сопротивлений слоев имеющих толщину  $\delta_m$  удельную теплопроводность  $\lambda_m$ , т.е.:

$$R_i = \sum \frac{\delta_m}{\lambda_m} \quad (i=I, II, III \dots, m=1, 2, 3 \dots) \quad (10)$$

Среднее сопротивление ограждающей конструкции в направлении параллельном тепловому потоку рассчитывается с учетом термических сопротивлений каждого выделенного участка с площадью  $F_i$ , м<sup>2</sup>, (т.е. усредняется по всей характерной площади  $F=\sum F_i$ ):

$$R_{nap} = \frac{\sum F_i}{\sum \frac{F_i}{R_i}} \quad (11)$$

Для второго этапа расчета конструкция сечется плоскостями перпендикулярными тепловому потоку на участки с разными теплофизическими свойствами или на отдельные слои (например,  $1, 2, 3$ ),

каждый из которых может состоять из одного или нескольких материалов. Термическое сопротивление однородных участков:

$$R_j = \frac{\delta_j}{\lambda_j} \quad (j=1, 2, 3 \dots) \quad (12)$$

Термическое сопротивление неоднородных участков рассчитывается:

$$R_j = \frac{\sum F_l}{\sum \frac{F_l}{R_l}} \quad (l=1, 2, 3 \dots) \quad (13)$$

или более очевидным способом: через определение среднего значения удельной теплопроводности  $\lambda_{cp}$ , т.е.:

$$\lambda_{cp} = \frac{\sum (\lambda_l \cdot F_l)}{\sum F_l} \quad (14)$$

затем

$$R_j = \frac{\delta_j}{\lambda_{cp}} \quad (15)$$

Термическое сопротивление конструкции в этом направлении определяется как сумма сопротивлений отдельных слоев:

$$R_{пер} = \sum R_j \quad (16)$$

Приведенное термическое сопротивление всей неоднородной конструкции или выделенного её фрагмента определяется по формуле:

$$R_{неод.констр} = \frac{R_{нар} + 2R_{пер}}{3} \quad (17)$$

При этом величина  $R_{нар}$  не должна превышать величину  $R_{пер}$ , более чем на 25%. Если же это условие не соблюдается, то величину  $R_{неод.констр}$  определяют на основании расчета температурного поля.

*Прим.:* Допускается заменять круглые и неправильные по форме участки (напр. отверстия) на равновеликие по площади квадраты или прямоугольники.

### 2.3 Определение тепловой инерции ограждения

Теплоустойчивость ограждений должна исключать изменения температуры на внутренней поверхности свыше допустимой: зимой при разовых понижениях температуры, летом при суточных колебаниях наружной температуры и интенсивность солнечной радиации.

Тепловую инерцию  $D$  ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n \quad (18)$$

где  $R_1, R_2, \dots, R_n$  - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции;

$s_1, s_2, \dots, s_n$  - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции.

*Примечания:*

1. Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю.

2. Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

Таблица 3 Классификация наружных ограждений в зависимости от тепловой инерции

Тепловая инерция	Наименование	Наружные ограждения	Соответствующая температура $t_n$ в ф.1
$D \leq 1,5$	Безинерционные (лёгкие)		$t_{абс.мин}$
$1,5 < D \leq 4$	малой инерционности (малой массивности)		$t_{x.c.}$
$4 < D \leq 7$	средней инерционности (средней массивности)	покрытия, чердачные перекрытия, перекрытия над холодными подпольями и подвалами	$t_{3x.c.} = (t_{x.c.} + t_{5x.c.})/2$
$D > 7$	теплоинерционные (массивные)	наружные стены	$t_{5x.c.}$

#### 2.4 Определение требуемых термических сопротивлений теплопередаче по санитарно-гигиеническим требованиям и по условиям энергосбережения окон и наружных дверей

Требуемое термическое сопротивление окон и балконных дверей по санитарно-гигиеническим требованиям при расчетной разнице температур ( $t_e - t_{5x.c.}$ ) приведено в таблице 4.

Таблица 4 Требуемое термическое сопротивление заполнения световых проемов по санитарно-гигиеническим условиям

Здания и помещения	$\Delta = (t_e - t_{5x.c.})$	$R_0^{mp}$
Жилые, учреждений здравоохранения, детских и общеобразовательных учреждений,	$\Delta \leq 25$	0,18
	$25 < \Delta \leq 44$	0,39
	$44 < \Delta \leq 49$	0,42
	$\Delta > 49$	0,53

Требуемое термическое сопротивление окон и балконных дверей по энергосберегающим требованиям определяется в соответствии с таблицей 1.

Затем по значению требуемого сопротивления (большим из рассчитанных по санитарно-гигиеническим требованиям и по требованиям энергосбережения) выбирают конструкцию заполнения светового проема с приведенным (фактическим) сопротивлением теплопередаче  $R_\phi$  при соблюдении условия (4).

Температура на внутренней поверхности конструктивных элементов окон не должна быть ниже 3°C. Для этого рассчитывается температура на внутренней поверхности окна:

$$\tau_{\text{в.н.}} = t_{\text{в}} - \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_{\phi} \alpha_{\text{в}}} \quad (19)$$

Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{mp}$  наружных дверей и ворот должно быть не менее  $0,6 R_0^{mp}$  стен зданий и сооружений, определяемого по [формуле \(1\)](#) при расчетной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

Затем по значению требуемого сопротивления теплопередаче и выбранной конструкции наружных дверей и ворот (табл. Б.2) рассчитывают толщину утеплителя по (9) при соблюдении условия (4).

### **2.5 Расчет температуры точки росы расчетного помещения и сравнение с температурами на внутренних поверхностях ограждающих конструкций и в углах помещений, имеющих две и более наружных стены**

Для предотвращения конденсации влаги на внутренней поверхности наружного ограждения необходимо, чтобы температура на внутренней поверхности  $\tau_{\text{в.н.}}$  превышала температуру точки росы  $\tau_p$  на  $2 \div 3$  °С. Температура  $\tau_{\text{в.н.}}$  вычисляется по (19). Температура точки росы определяется по *I-d* диаграмме или вычисляется по приближенной формуле:

$$\tau_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot e)^2 \quad (20)$$

где  $e$  – действительная упругость водяных паров, Па

$$e = \frac{\varphi}{100} E \quad (21)$$

где  $\varphi$  – относительная влажность воздуха в расчетном помещении, %;

$E$  – максимальная упругость водяных паров, Па.

Наиболее вероятное появление конденсата бывает у наружных углов. Температура  $\tau_{\text{уг}}$  рассчитывается по приближенной формуле:

$$\tau_{\text{уг}} = \tau_{\text{в.н.}} - (0,18 - 0,036 \cdot R_{\phi}) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \quad (22)$$

### **2.6 Расчет требуемого и фактического сопротивления воздухопроницанию конструкций наружных стен**

Требуемое сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций (за исключением заполнений световых проёмов) определяется по формуле:

$$R_u^{mp} = \frac{\Delta P}{G_n} \quad (23)$$

где

$\Delta P$ - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па;

$G_n$ - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций.

Таблица 4 Нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость, не более $G''$ , кг/(м <sup>2</sup> · ч)
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен:	
а) жилых зданий	0,5
б) производственных зданий	1,0
4. Входные двери в квартиры	1,5
5. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в:	
пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
деревянных переплетах	6,0
6. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
7. Окна производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
8. Zenитные фонари производственных зданий	10,0
Примечание. Воздухопроницаемость стыков между панелями наружных стен жилых зданий должна быть не более 0,5 кг(м · ч).	

Величина  $\Delta P$  определяется по формуле:

$$\Delta p = 0,55H (\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \gamma_n v^2 \quad (24)$$

где  $H$  - высота здания (от поверхности земли до верха карниза);

$\gamma_n$  и  $\gamma_e$  – удельный вес, Н/м<sup>3</sup>, соответственно внутреннего и наружного воздуха, определяемый по формуле:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t} \quad (25)$$

$v$  - скорость ветра в январе, принимаемая как максимальная из средних скоростей, повторяемость которых составляет 16% и более.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции  $R_u$  должно быть больше чем требуемое  $R_u^{mp}$ .  
Определяется  $R_u$  по формуле:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots R_{un}, \quad (26)$$

где  $R_{u1}$ ,  $R_{u2}$ , и т.д. - сопротивления воздухопроницанию отдельных слоёв ограждающей конструкции, (м<sup>2</sup> ч Па)/кг, принимается по справочной литературе или по результатам экспериментальных исследований.

## 2.7 Расчет паропроницания наружных ограждений

Задача решается графоаналитическим методом, для чего в принятом масштабе изображается ограждение и на нём наносятся графики температуры, максимальной упругости  $E$  и фактической упругости  $e$ .



Для изображения ограждения принимают масштаб 1:2 или 1:4. Масштаб температурного графика: 1°C - не менее 2 мм, графиков упругости: 10 Па - 1мм.

Последовательность выполнения расчетов.

1. Для построения графика температуры вычисляем её значения на внутренней и наружной поверхности ограждения и между слоями соответственно  $\tau_{\epsilon}$ ,  $\tau_n$  и  $\tau_x$ . Температуры на поверхностях и в любом сечении определяют по формулам:

$$\tau_{\epsilon} = t_{\epsilon} - \frac{n(t_{\epsilon} - t_n)}{R_{\phi} \alpha_{\epsilon}} \quad (27)$$

$$\tau_x = t_{\epsilon} - \frac{n(t_{\epsilon} - t_n) R_x}{R_{\phi}} \quad (28)$$

$$\tau_n = t_{\epsilon} - \frac{n(t_{\epsilon} - t_n)(R_{\phi} - 1/\alpha_n)}{R_{\phi}} \quad (29)$$

где

$R_x$  – термическое сопротивление наружного ограждения до  $x$ -го сечения; остальные условные обозначения те же, что в (1).

2. Построив график температур, приступают к построению графика максимальной упругости водяного пара  $E$ , Па. Значения  $E$  находят в зависимости от распределения температуры в толще и температуры на внутренней и наружной поверхностях ограждения. Величину  $E$  определяют по таблице А.2. Полученные точки в пределах одного слоя соединяют одной плавной кривой.
3. Для построения графика распределения фактической упругости  $e$ , Па, в толще ограждения необходимо рассчитать общее сопротивление паропрооницанию ограждения:

$$R_{\phi}^n = \frac{1}{\chi_{\epsilon}} + R_{\kappa}^n + \frac{1}{\chi_n} \quad (30)$$

где

$R_{\kappa}^n$  – сопротивление паропрооницанию конструкции наружного ограждения;

$\chi_{\epsilon}, \chi_n$  - удельная массоотдача пара на внутренней и наружной поверхности ограждения, соответственно (таблица 2).

Сопротивление паропрооницанию многослойной конструкции  $R_{\kappa}^n$  определяется суммой термических сопротивлений слоев  $R_i$ :

$$R_{\kappa}^n = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (31)$$

Сопротивление  $i$  слоя ограждения определяется в зависимости от толщины  $\delta_i$  и удельного паропрооницания материала  $\mu_i$ :

$$R_i = \frac{\delta_i}{\mu_i} \quad (32)$$

4. Строится график распределения фактической упругости  $e$ , в соответствии зависимостью:

$$e_{\phi.n} = e_{\phi} - \frac{(e_{\phi} - e_n)}{R_{\phi}^n \chi_{\phi}} \quad (33)$$

$$e_x = e_{\phi} - \frac{(e_{\phi} - e_n) R_x^n}{R_{\phi}^n} \quad (34)$$

$$e_{n.n} = e_{\phi} - \frac{(e_{\phi} - e_n)(R_{\phi}^n - 1/\chi_n)}{R_{\phi}^n} \quad (35)$$

где

$R_x^n$  – сопротивление паропрооницанию наружного ограждения до  $x$ -го сечения;

$e_{\phi}$ ,  $e_n$  - упругости водяного пара, Па, на внутренней и наружной поверхности ограждения, определяемые из выражений:

$$e_{\phi} = \frac{\varphi_{\phi}}{100} E_{\phi} \quad (36)$$

$$e_n = \frac{\varphi_n}{100} E_n \quad (37)$$

где

$E_{\phi}$ ,  $E_n$  - максимальные упругости водяного пара, Па, определённые по температурам воздуха  $t_{\phi}$  и  $t_n$ , °С;

$\varphi_{\phi}$ ,  $\varphi_n$  - относительная влажность воздуха в помещении и на улице;

Построив оба варианта графиков, студент должен сделать вывод, в каком случае обеспечивается наименьшая вероятность выпадения конденсата внутри ограждения.

Конденсация водяного пара возможна, если пересекаются линии графиков максимальной  $E$  и фактической  $e$  упругости. В этом случае, проведя касательные из точек  $H$  и  $B$  к кривой  $E$ , а через точки касания  $A$ ,  $B$  - вертикальные линии, мы определим зону возможной конденсации.

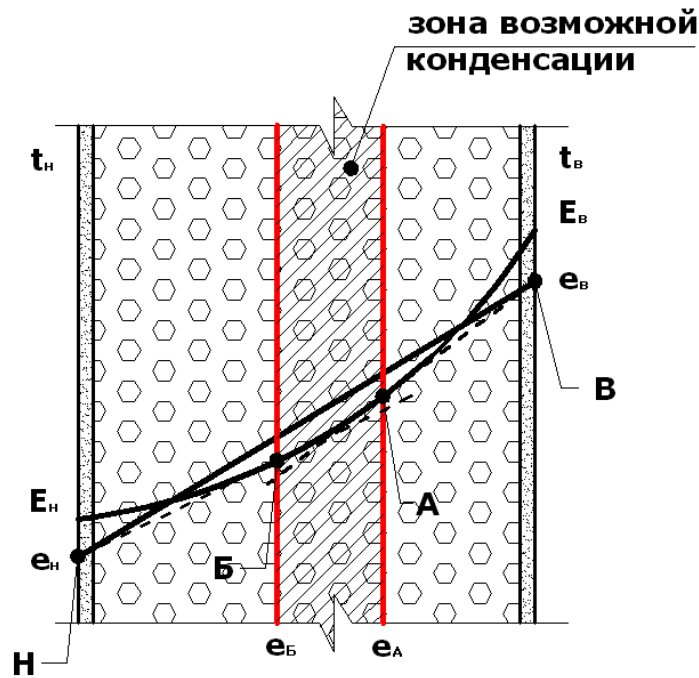


Рисунок 2 Схема распределения парциального давления (максимального  $E$  и действительного  $e$ ) водяных паров в толще неоднородной конструкции наружного ограждения

5. Далее определяется величина повышения весовой влажности материала при конденсации влаги в толще ограждения  $\Delta w$ , %, и сравнивается с нормативным значением для конкретного материала  $\Delta w_{ср}$ .

Повышение весовой влажности определяется:

$$\Delta w = \frac{\Delta G}{\rho_{ув} \delta_{ув(A-B)}} \quad (38)$$

где

$\rho_{ув}$  – плотность увлажненного материала в зоне возможной конденсации водяных паров,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\delta_{ув(A-B)}$  – толщина увлажненного слоя ограждения, м;

$\Delta G$  – количество конденсата, прошедшего за период влагонакопления  $z$ ,  $\text{г/м}^2$ .

Количество конденсата  $\Delta G$  за период влагонакопления  $z$ , сут, определяется:

$$\Delta G = (G_A - G_B) z 24/1000 \quad (39)$$

где

$z$  – период влагонакопления, сут, принимаемы равным периоду с отрицательными среднемесячными температурами;

$G_A, G_B$  – количество водяного пара в мг, прошедшего за час ч/з  $1 \text{ м}^2$  сечения ограждения соответственно до и после зоны конденсации,  $\text{мг}/(\text{м}^2 \text{ ч})$ .

$$G_A = \frac{e_B - e_A}{1/\chi_B + \sum \left( \frac{\delta_{B-A}}{\mu_x} \right)} \quad (40)$$

$$G_B = \frac{e_B - e_H}{1/\chi_H + \sum \left( \frac{\delta_{B-H}}{\mu_x} \right)} \quad (41)$$

где

$z$  – период влагонакопления, сут, принимаемый равным периоду с отрицательными среднемесячными температурами;

$\delta_{(B-A)}$  – толщина слоя ограждения до зоны конденсации, м;

$\delta_{(B-H)}$  – толщина слоя ограждения после зоны конденсации, м;

$e_A, e_B$  – упругости водяного пара, Па, на границах зоны возможной конденсации.

Если зона конденсации захватывает несколько слоев (в многослойных ограждающих конструкциях), то проверяют на допустимую весовую влажность все слои попавшие в зону конденсации. В этом случае расчетное количество конденсата распределяется пропорционально толщинам увлажненных слоев:

$$\Delta G_i = \Delta G \frac{\delta_{ув,i}}{\delta_{ув(A-B)}} \quad (42)$$

Если при определении  $\Delta w \leq \Delta w_{cp}$ , то принятое ограждение отвечает требованиям влажностного режима, в противном случае необходимо предусмотреть мероприятия по уменьшению паропроницаемости слоев ограждения, идущих первыми по ходу движения влаги.

### 3 Расчет теплоустойчивости наружных стен и покрытия здания в теплый и холодный периоды года

#### Теплый период года:

Показателем теплоустойчивости наружной ограждающей конструкции является  $\nu$  – величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха внутри ограждения. Эта величина показывает, во сколько раз амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждения уменьшается по сравнению с расчетной амплитудой колебаний температуры наружного воздуха.

Амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения  $A_{\tau_e}$  не должна превышать величины, определенной по формуле

$$A_{\tau_e}^{mp} = 2,5 - 0,1 \cdot (t_n - 21) \quad (43)$$

где  $t_n$  – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С.

Теплофизические характеристики слоев ограждающей конструкции, удовлетворяющей предыдущим расчетам, берутся из предыдущих расчетов. Нумерация слоев ограждения в расчете во всех случаях ведётся изнутри

наружу.

Коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоёв ограждающей конструкции  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  определяются по следующим формулам:

а) для первого слоя

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + \alpha_{\epsilon}}{1 + R_1 \cdot \alpha_{\epsilon}} \quad (44)$$

б) для любого  $i$ -го слоя

$$Y_i = \frac{R_i \cdot s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i \cdot Y_{i-1}} \quad (45)$$

Если тепловая инерция какого-либо  $i$ -слоя ограждения  $D \geq 1$ , то вычислять  $Y$  этого слоя не следует. Принимают  $Y_i = s_i$ .

Величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха внутри ограждения зависит от величин затухания амплитуды колебаний температуры в отдельных слоях ограждения и определяется их произведением.

Поэтому величину затухания расчётной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $v$  в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоёв, определяют по формуле:

$$v = 0,9e^{\frac{\sum D}{\sqrt{2}}} * \frac{(s_1 + \alpha_{\epsilon})(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha_n} \quad (46)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждающих конструкций, определяется по зависимости:

$$\alpha_n = (5 + 10\sqrt{V}) \cdot 1,163 \quad (47)$$

где  $V$  - расчётная скорость ветра в июле, м/с.

Эта величина определяется по СНиП «Строительная климатология» следующим образом: отбирают те скорости ветра по румбам, повторяемость которых превышает 16 %, из них выбирают минимальную величину (расчётная скорость  $V$ ).

Расчётная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха,  $A_{t_n}^{расч}$ , определяются по формуле:

$$A_{t_n}^{расч} = 0,5 \cdot A_{t_n} + \frac{\rho \cdot (I_{макс} - I_{ср})}{\alpha_n} \quad (48)$$

где

$A_{тн}$  - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле;

$\rho$  - коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции;

$I_{макс}$  - максимальное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) для горизонтальной плоскости или для вертикальной плоскости

в зависимости от ориентации ограждения;

$I_{cp}$  - среднее суточное количество солнечной радиации для горизонтальной плоскости или для вертикальной плоскости в зависимости от ориентации ограждения;

$\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, определяемый по формуле (47).

Амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности наружного ограждения теплый период года, определяется по формуле:

$$A_{\tau_{\epsilon}} = \frac{A_{\tau_n}^{расч}}{\nu} \quad (49)$$

Сравнив полученный результат с требуемой амплитудой колебаний, вычисленной по формуле (43), делаем вывод о возможности применения данной конструкции при летнем режиме эксплуатации. В случае получения негативного результата, когда фактическая, определённая расчётом, амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности превышает требуемую, следует выполнить перерасчёт.

Перерасчет выполняется таким образом, чтобы значение  $\nu_{ym}$ , вычисленное по формуле:

$$\nu_{i(ym)} = e^{\frac{D_i}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{S_{i(ym)} + Y_{i-1}}{S_{i(ym)} + Y_{i(ym)}} \quad (50)$$

было не меньше определённого по формуле:

$$\nu_{ym} = \frac{\nu_{mp}}{0,9 \cdot \nu_{констр}} \quad (51)$$

где

$\nu_{mp}$  – требуемая величина затухания амплитуды колебаний температуры, определяются из формулы (49), приравняв при этом  $A_{\tau_{\epsilon}} = A_{\tau_{\epsilon}}^{mp}$ ;

$\nu_{констр}$  - произведение величин затухания отдельных слоёв и наружного слоя, определённых по формулам (исключая слой утеплителя):

$$\nu_{констр} = \nu_1 \cdot \nu_2 \cdot \dots \cdot \nu_n \quad (52)$$

$$\text{для первого слоя} \quad \nu_1 = e^{\frac{D_1}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{S_1 + \alpha_{\epsilon}}{S_1 + Y_1} \quad (53)$$

$$\text{для } i\text{-го слоя} \quad \nu_i = e^{\frac{D_i}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{S_i + Y_{i-1}}{S_i + Y_i} \quad (54)$$

$$\text{для последнего слоя} \quad \nu_n = e^{\frac{D_n}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{\alpha_n + Y_n}{S_n} \quad (55)$$

Толщину слоя утеплителя следует увеличить таким образом, чтобы значение  $\nu_{ym}$ , вычисленное по формуле (50), было не меньше определённого

по формуле (51).

**Холодный период года:**

Расчётная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха,  $A_{t_n}^{расч}$ , определяются по формуле:

$$A_{t_n}^{расч} = 0,5 \cdot A_{t_n} \quad (56)$$

где

$A_{t_n}$  - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в январе.

Амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности наружного ограждения холодный период года, определяется по формуле:

$$A_{\tau_{\epsilon}} = \frac{A_{t_n}^{расч}}{\nu} \quad (57)$$

Величину затухания расчётной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $\nu$  в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоёв, определяют по формуле (46).

Далее рассчитывают минимальную температуру на внутренней поверхности ограждения с учетом колебания температуры наружного воздуха:

$$\tau_{\epsilon, n}^{\min} = \tau_{\epsilon, n} - A_{\tau_{\epsilon}} \quad (58)$$

Минимальная температура на внутренней поверхности  $\tau_{\epsilon, n}^{\min}$  должна быть не ниже температуры точки росы  $\tau_p$ . В случае если температура на внутренней поверхности близка к температуре точки росы необходимо проверить температуру в углах  $\tau_{yz}$  по формуле (22).

Запаздывание температурных колебаний на внутренней поверхности ограждения по сравнению с колебаниями наружной температуры (время необходимое для сквозного проникновения температурных колебаний с суточным периодом  $T$ ), час, определяется по формуле:

$$\Delta Z = \frac{T}{360} \left[ 40,5 \sum D_i - \arctg \left( \frac{\alpha_{\epsilon}}{\alpha_{\epsilon} + \sqrt{2} \cdot Y_{\epsilon, n.}} \right) + \arctg \left( \frac{Y_{n. n.}}{Y_{n. n.} + \sqrt{2} \cdot \alpha_n} \right) \right] \quad (59)$$

*Прим.:* в формуле (59) величины  $\arctg$  берутся в градусах (не в радианах).

где

$Y_{\epsilon, n.}$  – теплоусвоение внутренней поверхности ограждения при направлении тепловой волны изнутри наружу;

$Y_{n. n.}$  – теплоусвоение наружной поверхности ограждения при направлении тепловой волны снаружи внутрь.

При расчете теплоусвоения внутренней поверхности  $Y_{\epsilon, n.}$  необходимо сначала установить, где будет находится граница слоя резких колебаний температуры. В зависимости от расположения этого слоя в ограждении при определении  $Y_{\epsilon, n.}$  могут встретиться следующие случаи.

1. Слой резких колебаний полностью расположен в первом слое

ограждения. Это будет в том случае, когда показатель тепловой инерции первого слоя  $D_1 \geq 1$ . Если  $D_1 = 1$ , то граница слоя резких колебаний совпадает с границей между первым и вторым слоем ограждения. При  $D_1 > 1$  слой резких колебаний занимает только часть первого слоя ограждения. В этом случае:

$$Y_{в.н.} = s_1 \quad (60)$$

2. Слой резких колебаний расположен в двух первых слоях ограждения, т.е. граница его находится во втором слое ограждения. Это будет в том случае, если первый слой имеет  $D_1 < 1$ , но сумма величин  $D_1 + D_2 \geq 1$ . В этом случае:

$$Y_{в.н.} = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + s_2}{1 + R_1 \cdot s_2} \quad (61)$$

3. Слой резких колебаний расположен в нескольких слоях, т.е. граница его находится в некотором  $k$ -м слое многослойной конструкции ограждения, имеющей  $n$  слоев. Это будет в том случае, если сумма величин  $D_{k-1}$  первых слоев ограждения будет меньше единицы, т.е.  $D_1 + D_2 + \dots + D_{k-1} < 1$ , но сумма величин  $D_1 + D_2 + \dots + D_k \geq 1$ . В этом случае определение величины теплоусвоения начинается с внутренней поверхности  $k-1$  слоя по формуле:

$$Y_{k-1} = \frac{R_{k-1} \cdot s_{k-1}^2 + s_k}{1 + R_{k-1} \cdot s_k} \quad (62)$$

Затем переходят к определению теплоусвоения внутренней поверхности  $k-2$  слоя по формуле:

$$Y_{k-2} = \frac{R_{k-2} \cdot s_{k-2}^2 + Y_{k-1}}{1 + R_{k-2} \cdot Y_{k-1}} \quad (63)$$

Затем в таком же порядке переходят к определению величины теплоусвоения  $k-3$  слоя  $Y_{k-3}$  и т.д. до тех пор, пока не дойдем до первого слоя ограждения, теплоусвоение которого и будет равно теплоусвоению внутренней поверхности ограждения и определится по формуле:

$$Y_{в.н.} = Y_1 = \frac{R_1 \cdot s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 \cdot Y_2} \quad (64)$$

Теплоусвоение наружной поверхности ограждения определяется по формуле:

$$Y_{н.н.} = Y_n = \frac{R_n \cdot s_n^2 + Y_{n-1}}{1 + R_n \cdot Y_{n-1}} \quad (65)$$

При расчете теплоусвоения слоев  $Y_1, Y_i, Y_{n-1}$ , используются формулы (44), (45). Расчет ведется от внутренней поверхности наружу, т.е. сначала определяется  $Y_1$ , затем  $Y_2$  и т.д. до тех пор, пока не дойдем до последнего  $n$  слоя ограждения.

### **3.1 Проверка теплоусвоения поверхности пола перекрытия над подвалом**

Поверхность пола жилых и общественных зданий, вспомогательных



зданий и помещений промышленных предприятий и отапливаемых помещений производственных зданий (на участках с постоянными рабочими местами) должна иметь показатель теплоусвоения  $Y_n$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), не более нормативной величины, установленной таблицей 5.

Таблица 5. Нормативный показатель теплоусвоения поверхности пола

Здания, помещения и отдельные участки	Нормативная величина теплоусвоения поверхности пола $Y_n$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Здания жилые, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных детских школ, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов), детских домов и детских приемников-распределителей	12
2. Общественные здания (кроме указанных в поз. 1); вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий; участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях, где выполняются легкие физические работы (категория I)	14
3. Участки с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются физические работы средней тяжести (категория II)	17

Показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_n$  следует определять следующим образом:

а) если покрытие пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию  $D_1 \geq 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола следует определять по формуле:

$$Y_n = 2 s_1 \quad (66)$$

б) если первые  $n$  слоев конструкции пола ( $n \geq 1$ ) имеют суммарную тепловую инерцию  $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$ , но тепловая инерция  $(N + 1)$ -го слоев  $D_1 + D_2 + \dots + D_{N+1} \geq 0,5$ , то показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_n$  следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с  $N$ -го до 1-го:

для  $n$ -го слоя - по формуле

$$Y_N = \frac{2R_N \cdot s_N^2 + s_{N+1}}{0,5 + R_N \cdot s_{N+1}} \quad (67)$$

для  $i$ -го слоя ( $i = N - 1; N - 2; \dots; 1$ ) - по формуле

$$Y_i = \frac{4R_i \cdot s_i^2 + s_{i+1}}{1 + R_i \cdot s_{i+1}} \quad (69)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_n$  принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя:

$$Y_n = Y_1 \quad (70)$$

#### **4 Литература, рекомендуемая для изучения курса**

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий/ К.Ф.Фокин. Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК – ПРЕСС, 2006. – 265 с.
2. Еремкин А.И. Расчет теплового режима зданий: учебное пособие/ А.И. Еремкин, Т.И. Королева – Пенза: Из-во ПГСА, 2000. – 368 с.
3. Холщевников В.В. Климат местности и микроклимат помещений: учебное пособие/ В.В. Холщевников, А.В. Луков – М.: Из-во АСВ, 2001. – 200с.
4. Худяков А.Д. Теплозащита зданий в северных условиях: учебное пособие для вузов/ А.Д. Худяков - М.: Издательство АСВ, 2001. – 107 с.
5. Гусев Б.В. Теплотехнические особенности проектирования утепленных наружных стен с вентилируемым фасадом: учебное пособие/ Б.В. Гусев, В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Н.В. Кузнецова – М.: Издательство АСВ, 2006. – 117 с.
6. СНиП 23-01-99 Строительная климатология/ Госстрой России. – М. ГУП ЦПП, 2000. – 57 с.
7. СНиП II-3-79\*\* Строительная теплотехника/ Госстрой России. – Госстрой СССР, 1998. – 32 с.
8. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий/ Госстрой России. – М. ГУП ЦПП, 2004. – 26 с.
9. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий/ Госстрой России. – М. ГУП ЦПП, 2004. – 140 с.

## Приложение А (справочное)

Таблица А.1 Международная система единиц (СИ)

Величина	Единица измерения	Обозначение единиц
<b>ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b>		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	Ампер	А
Термодинамическая температура Кельвина	Кельвин	К
Количество вещества	моль	моль
Сила света	кандела	кд
<b>НЕКОТОРЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ЕДИНИЦЫ</b>		
Площадь	квадратный метр	м <sup>2</sup>
Объем	кубический метр	м <sup>3</sup>
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м <sup>3</sup>
Сила	Ньютон	Н; (кг·м/с <sup>2</sup> )
Давление	Паскаль	Па; (Н/м <sup>2</sup> )
Динамическая вязкость	Паскаль-секунда	Па·с; (Н·с/м <sup>2</sup> )
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	м <sup>2</sup> /с
Работа, энергия, количество теплоты	Джоуль	Дж; (Н·м)
Мощность, тепловой поток	Ватт	Вт; (Дж/с)
Удельная теплоемкость	Джоуль на килограмм - Кельвина	Дж/(кг·К)
Теплота фазового превращения, энтальпия	Джоуль на килограмм	Дж/кг
Плотность теплового потока	Ватт на квадратный метр	Вт/м <sup>2</sup>
Коэффициент теплопроводности -	Ватт на метр - Кельвин	Вт/(м·К)
Коэффициент теплоотдачи, теплопередачи	Ватт на квадратный метр- Кельвин	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Коэффициент излучения	Ватт на квадратный метр- Кельвин в степени четвертой	Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )

Таблица А.2 Давление водяного пара над поверхностью льда  
и чистой воды

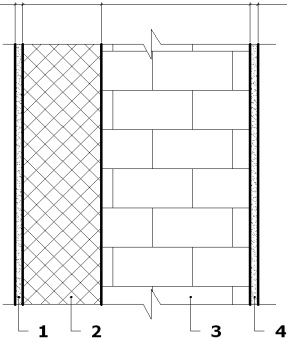
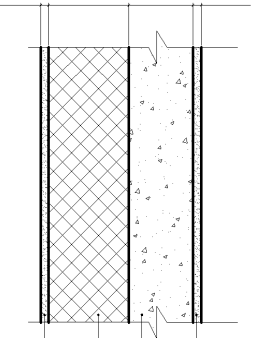
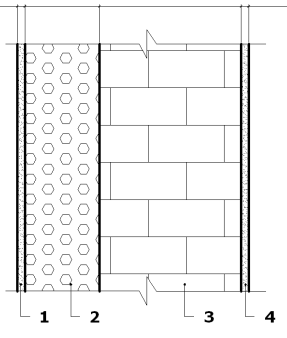
Температура °С	Десятые доли, °С									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-40	0,01285	0,01270	0,01256	0,01242	0,01228	0,01214	0,01200	0,01186	0,01173	0,01160
-39	0,01438	0,01422	0,01406	0,01390	0,01375	0,01359	0,01344	0,01329	0,01314	0,01299
-38	0,01608	0,01590	0,01572	0,01555	0,01538	0,01520	0,01504	0,01487	0,01470	0,01454
-37	0,01796	0,01776	0,01757	0,01737	0,01718	0,01699	0,01681	0,01662	0,01644	0,01626
-36	0,02004	0,01983	0,01961	0,01940	0,01919	0,01898	0,01877	0,01856	0,01836	0,01816
-35	0,02235	0,02211	0,02187	0,02163	0,02140	0,02117	0,02094	0,02071	0,02049	0,02026
-34	0,02490	0,02463	0,02437	0,02411	0,02385	0,02359	0,02334	0,02309	0,02284	0,02259
-33	0,02771	0,02742	0,02713	0,02684	0,02656	0,02627	0,02599	0,02572	0,02544	0,02517
-32	0,03082	0,03050	0,03018	0,02986	0,02954	0,02923	0,02892	0,02861	0,02831	0,02801
-31	0,03424	0,03389	0,03353	0,03318	0,03284	0,03249	0,03215	0,03181	0,03148	0,03115
-30	0,03802	0,03762	0,03723	0,03685	0,03646	0,03608	0,03571	0,03534	0,03497	0,03461
-29	0,04217	0,04173	0,04130	0,04088	0,04046	0,04004	0,03963	0,03922	0,03881	0,03841
-28	0,04673	0,04625	0,04578	0,04532	0,04485	0,04439	0,04394	0,04349	0,04304	0,04260
-27	0,05174	0,05122	0,05070	0,05019	0,04968	0,04918	0,04868	0,04819	0,04770	0,04721
-26	0,05725	0,05668	0,05611	0,05554	0,05499	0,05443	0,05389	0,05334	0,05280	0,05227
-25	0,06329	0,06266	0,06204	0,06142	0,06081	0,06020	0,05960	0,05900	0,05841	0,05783
-24	0,06991	0,06922	0,06854	0,06786	0,06719	0,06652	0,06586	0,06521	0,06457	0,06392
-23	0,07716	0,07641	0,07566	0,07492	0,07418	0,07345	0,07273	0,07202	0,07131	0,07061
-22	0,08510	0,08427	0,08345	0,08264	0,08184	0,08104	0,08025	0,07947	0,07869	0,07792
-21	0,09378	0,09287	0,09198	0,09109	0,09021	0,08934	0,08848	0,08762	0,08677	0,08593
-20	0,10326	0,10227	0,10130	0,10033	0,09937	0,09841	0,09747	0,09653	0,09561	0,09469
-19	0,11362	0,11254	0,11147	0,11041	0,10937	0,10833	0,10729	0,10627	0,10526	0,10426
-18	0,12492	0,12375	0,12258	0,12143	0,12028	0,11915	0,11802	0,11691	0,11580	0,11470
-17	0,13725	0,13597	0,13470	0,13344	0,13219	0,13095	0,12972	0,12851	0,12730	0,12611
-16	0,15068	0,14928	0,14790	0,14653	0,14517	0,14382	0,14248	0,14116	0,13984	0,13854
-15	0,16530	0,16378	0,16228	0,16078	0,15930	0,15783	0,15638	0,15493	0,15350	0,15208
-14	0,18121	0,17956	0,17792	0,17630	0,17469	0,17309	0,17151	0,16993	0,16838	0,16683
-13	0,19852	0,19672	0,19494	0,19317	0,19142	0,18969	0,18796	0,18625	0,18456	0,18288
-12	0,21732	0,21537	0,21344	0,21152	0,20961	0,20773	0,20585	0,20400	0,20216	0,20033
-11	0,23774	0,23562	0,23352	0,23144	0,22937	0,22732	0,22529	0,22327	0,22127	0,21929
-10	0,25990	0,25760	0,25533	0,25306	0,25082	0,24860	0,24639	0,24420	0,24203	0,23988
-9	0,28394	0,28144	0,27897	0,27652	0,27409	0,27168	0,26928	0,26691	0,26456	0,26222
-8	0,30998	0,30728	0,30461	0,30195	0,29931	0,29670	0,29410	0,29153	0,28898	0,28645
-7	0,33819	0,33527	0,33237	0,32949	0,32664	0,32381	0,32100	0,31821	0,31545	0,31270
-6	0,36873	0,36557	0,36243	0,35932	0,35623	0,35316	0,35012	0,34710	0,34411	0,34114
-5	0,40176	0,39834	0,39495	0,39158	0,38824	0,38492	0,38163	0,37837	0,37513	0,37192
-4	0,43748	0,43378	0,43011	0,42647	0,42286	0,41927	0,41572	0,41219	0,40869	0,40521
-3	0,47606	0,47206	0,46810	0,46417	0,46027	0,45639	0,45255	0,44874	0,44496	0,44120
-2	0,51772	0,51341	0,50913	0,50488	0,50067	0,49649	0,49234	0,48822	0,48414	0,48008
-1	0,56267	0,55802	0,55341	0,54883	0,54428	0,53977	0,53529	0,53085	0,52644	0,52206
0	0,61115	0,60614	0,60116	0,59622	0,59132	0,58646	0,58163	0,57683	0,57208	0,56736

Продолжение таблицы А.2

Температура °С	Десяты́е доли, °С									
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,6112	0,6157	0,6202	0,6247	0,6292	0,6338	0,6384	0,6430	0,6477	0,6524
1	0,6571	0,6618	0,6666	0,6714	0,6763	0,6811	0,6860	0,6910	0,6959	0,7009
2	0,7060	0,7110	0,7161	0,7212	0,7264	0,7316	0,7368	0,7421	0,7474	0,7527
3	0,7580	0,7634	0,7688	0,7743	0,7798	0,7853	0,7909	0,7965	0,8021	0,8078
4	0,8135	0,8192	0,8250	0,8308	0,8366	0,8425	0,8484	0,8544	0,8604	0,8664
5	0,8725	0,8786	0,8847	0,8909	0,8971	0,9034	0,9097	0,9160	0,9224	0,9288
6	0,9352	0,9417	0,9483	0,9548	0,9614	0,9681	0,9748	0,9815	0,9883	0,9951
7	1,0020	1,0089	1,0158	1,0228	1,0298	1,0369	1,0440	1,0511	1,0583	1,0656
8	1,0728	1,0802	1,0875	1,0950	1,1024	1,1099	1,1175	1,1251	1,1327	1,1404
9	1,1481	1,1559	1,1637	1,1716	1,1795	1,1875	1,1955	1,2035	1,2116	1,2198
10	1,2280	1,2362	1,2445	1,2529	1,2613	1,2697	1,2782	1,2868	1,2954	1,3040
11	1,3127	1,3215	1,3303	1,3391	1,3481	1,3570	1,3660	1,3751	1,3842	1,3934
12	1,4026	1,4119	1,4212	1,4306	1,4400	1,4495	1,4591	1,4687	1,4783	1,4880
13	1,4978	1,5076	1,5175	1,5275	1,5375	1,5475	1,5576	1,5678	1,5780	1,5883
14	1,5987	1,6091	1,6195	1,6301	1,6407	1,6513	1,6620	1,6728	1,6836	1,6945
15	1,7054	1,7165	1,7275	1,7387	1,7499	1,7611	1,7725	1,7839	1,7953	1,8069
16	1,8184	1,8301	1,8418	1,8536	1,8654	1,8774	1,8893	1,9014	1,9135	1,9257
17	1,9379	1,9503	1,9627	1,9751	1,9876	2,0002	2,0129	2,0257	2,0385	2,0513
18	2,0643	2,0773	2,0904	2,1036	2,1168	2,1301	2,1435	2,1570	2,1705	2,1841
19	2,1978	2,2116	2,2254	2,2393	2,2533	2,2673	2,2815	2,2957	2,3100	2,3244
20	2,3388	2,3533	2,3679	2,3826	2,3974	2,4122	2,4272	2,4422	2,4572	2,4724
21	2,4877	2,5030	2,5184	2,5339	2,5495	2,5652	2,5809	2,5967	2,6127	2,6287
22	2,6448	2,6609	2,6772	2,6935	2,7100	2,7265	2,7431	2,7598	2,7766	2,7935
23	2,8104	2,8275	2,8446	2,8619	2,8792	2,8966	2,9141	2,9318	2,9495	2,9672
24	2,9851	3,0031	3,0212	3,0393	3,0576	3,0760	3,0944	3,1130	3,1316	3,1504
25	3,1692	3,1882	3,2072	3,2263	3,2456	3,2649	3,2844	3,3039	3,3235	3,3433
26	3,3631	3,3831	3,4031	3,4233	3,4435	3,4639	3,4844	3,5050	3,5256	3,5464
27	3,5673	3,5883	3,6094	3,6306	3,6520	3,6734	3,6949	3,7166	3,7383	3,7602
28	3,7822	3,8043	3,8265	3,8488	3,8713	3,8938	3,9165	3,9393	3,9622	3,9852
29	4,0083	4,0315	4,0549	4,0784	4,1020	4,1257	4,1495	4,1735	4,1975	4,2217
30	4,2460	4,2705	4,2950	4,3197	4,3445	4,3694	4,3945	4,4197	4,4450	4,4704
31	4,4959	4,5216	4,5474	4,5734	4,5994	4,6256	4,6519	4,6784	4,7050	4,7317

## Приложение Б

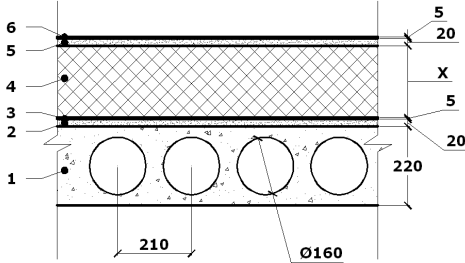
Таблица Б.1 Сводная таблица результатов теплотехнического расчета конструкций наружных стен

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
	20    X    380 (510)    20	20    X    160    20	20    X    380 (510)    20
Эскиз конструкции наружной стены			
	1. штукатурка 2. утеплитель (мин.вата) 3. кирпичная кладка 4. штукатурка	1. штукатурка 2. утеплитель (мин.вата) 3. ж/бетон 4. штукатурка	1. штукатурка 2. утеплитель (яч. бетон) 3. кирпичная кладка 4. штукатурка
Конструкционные слои и их теплофизические свойства:	теплопроводность [Вт/(м °С)]; теплоусвоение [Вт/(м² °С)]; плотность [кг/м³]; паропроницаемость [мг/(м·ч·Па)]; воздухопроницаемость [кг/(м ч Па)]		
Требуемое термическое сопротивление: - по сан.- гигиеническим условиям ( $R_{тр}$ ) [(м² °С)/Вт]; - по условиям энергосбережения ( $R_{нр}$ ) [(м² °С)/Вт]	$R_{тр} =$ $R_{нр} =$	$R_{тр} =$ $R_{нр} =$	$R_{тр} =$ $R_{нр} =$
Фактическая толщина слоя (округленная до ближайшего большего типоразмера) теплоизоляционного слоя (исходя из требуемого сопротивления по условиям энергосбережения) [м]	$\delta_{ут} =$	$\delta_{ут} =$	$\delta_{ут} =$
Фактическое термическое сопротивление конструкции ( $R_{ф}$ ) [(м² °С)/Вт]	$R_{ф} =$	$R_{ф} =$	$R_{ф} =$
Тепловая инерция конструкции (D)	D =	D =	D =
Температура точки росы расчетного помещения	$t_{росы} =$		
Температура на внутренней поверхности ( $\tau_{вн}$ ) и в углу ( $\tau_{уг}$ )	$\tau_{вн} =$ $\tau_{уг} =$	$\tau_{вн} =$ $\tau_{уг} =$	$\tau_{вн} =$ $\tau_{уг} =$
Требуемое сопротивление воздухопроницанию ( $R^{тпИ}$ ) [м² ч Па/кг]	$R^{тпИ} =$	$R^{тпИ} =$	$R^{тпИ} =$
Фактическое сопротивление воздухопроницанию ( $R_{и}$ ) [м² ч Па/кг]	$R_{и, ф} =$	$R_{и, ф} =$	$R_{и, ф} =$
Суммарная толщина конструкции [м]			
Удельная масса конструкции [кг/м²]			

Продолжение таблицы Б.1

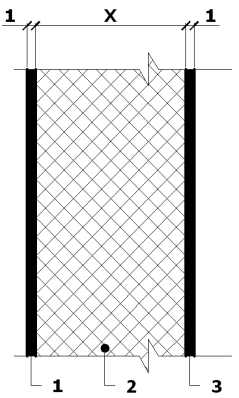
Эскиз конструкции наружной стены	Вариант 4	Вариант 5
		<p>20      x      20</p> <p>1. штукатурка 2. утеплитель (яч. бетон) 3. штукатурка</p>
Конструкционные слои и их теплофизические свойства:	теплопроводность [Вт/(м °С)]; плотность [кг/м <sup>3</sup> ]; теплоусвоение [Вт/(м <sup>2</sup> °С)]; паропроницаемость [мг/(м·ч·Па)]; воздухопроницаемость [кг/(м·ч·Па)]	
Требуемое термическое сопротивление: - по санитарно-гигиеническим условиям ( $R_{тр}$ ) [(м <sup>2</sup> °С)/Вт]; - по условиям энергосбережения ( $R_{пр}$ ) [(м <sup>2</sup> °С)/Вт]	$R_{тр} =$ $R_{пр} =$	$R_{тр} =$ $R_{пр} =$
Фактическая толщина слоя (округленная до ближайшего большего типоразмера) теплоизоляционного слоя (исходя из требуемого сопротивления по условиям энергосбережения) [м]	$\delta_{ут} =$	$\delta_{ут} =$
Фактическое термическое сопротивление конструкции ( $R_{ф}$ ) [(м <sup>2</sup> °С)/Вт]	$R_{ф} =$	$R_{ф} =$
Тепловая инерция конструкции (D)	D =	D =
Температура точки росы расчетного помещения	$t_{росы} =$	
Температура на внутренней поверхности ( $\tau_{вн}$ ) и в углу ( $\tau_{уг}$ )	$\tau_{вн} =$ $\tau_{уг} =$	$\tau_{вн} =$ $\tau_{уг} =$
Требуемое сопротивление воздухопроницанию ( $R^{рИ}$ ) [м <sup>2</sup> ч Па/кг]	$R^{рИ} =$	$R^{рИ} =$
Фактическое сопротивление воздухопроницанию ( $R_{и}$ ) [м <sup>2</sup> ч Па/кг]	$R_{и, ф} =$	$R_{и, ф} =$
Суммарная толщина конструкции [м]		
Удельная масса конструкции [кг/м <sup>2</sup> ]		

Таблица Б.2 Сводная таблица результатов теплотехнического расчета конструкций перекрытия над подвалом, покрытия (или чердачного перекрытия), окна, наружной двери

Эскиз ограждающей конструкции	Перекрытие над подвалом	Покрытие
Конструкционные слои и их теплофизические свойства:	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ж/б плита</li> <li>2. выравнивающий слой</li> <li>3. гидроизоляция</li> <li>4. утеплитель</li> <li>5. выравнивающий слой</li> <li>6. линолеум</li> </ol>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. штукатурка</li> <li>2. ж/б плита</li> <li>3. выравнивающий слой</li> <li>4. пароизоляция</li> <li>5. утеплитель</li> <li>6. выравнивающий слой</li> <li>7. гидроизоляция</li> </ol>
Требуемое термическое сопротивление: - по санитарно-гигиеническим условиям ( $R_{тр}$ ) [ $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ]; - по условиям энергосбережения ( $R_{пр}$ ) [ $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ]	$R_{тр} =$ $R_{пр} =$	$R_{тр} =$ $R_{пр} =$
Фактическая толщина слоя (округленная до ближайшего большего типоразмера) теплоизоляционного слоя (исходя из требуемого сопротивления по условиям энергосбережения) [м]	$\delta_{ут} =$	$\delta_{ут} =$
Фактическое термическое сопротивление конструкции ( $R_{ф}$ ) [ $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ]	$R_{ф} =$	$R_{ф} =$
Тепловая инерция конструкции (D)	D =	D =
Температура точки росы расчетного помещения	$t_{росы} =$	
Температура на внутренней поверхности ( $\tau_{вн}$ )	$\tau_{вн} =$	$\tau_{вн} =$
Требуемое сопротивление воздухопроницанию ( $R^{пр}_{и}$ ) [ $\text{м}^2 \cdot \text{ч Па}/\text{кг}$ ]	$R^{пр}_{и} =$	$R^{пр}_{и} =$
Фактическое сопротивление воздухопроницанию (Rи) [ $\text{м}^2 \cdot \text{ч Па}/\text{кг}$ ]	$R_{и, ф} =$	$R_{и, ф} =$
Суммарная толщина конструкции [м]		
Удельная масса конструкции [ $\text{кг}/\text{м}^2$ ]		



Продолжение таблицы Б.2

Эскиз ограждающей конструкции	Окно	Наружная дверь
	<p>Конструкция окна выбирается в соответствии с требуемым термическим сопротивлением</p>	 <p>1. металлический лист <math>\delta=1</math> мм 2. утеплитель 3. металлический лист <math>\delta=1</math> мм</p>
<p>Конструкционные слои и их теплофизические свойства:</p>	<p>теплопроводность [Вт/(м °С)]; плотность [кг/м<sup>3</sup>]; теплоусвоение [Вт/(м<sup>2</sup> °С)]; паропроницаемость [мг/(м· ч· Па)]; воздухопроницаемость [кг/(м ч Па)]</p>	
<p>Требуемое термическое сопротивление: - по санитарно-гигиеническим условиям (<math>R_{тр}</math>) [(м<sup>2</sup> °С)/Вт]; - по условиям энергосбережения (<math>R_{пр}</math>) [(м<sup>2</sup> °С)/Вт]</p>	<p><math>R_{тр} =</math> <math>R_{пр} =</math></p>	<p><math>R_{тр} =</math> <math>R_{пр} =</math></p>
<p>Фактическая толщина слоя (округленная до ближайшего большего типоразмера) теплоизоляционного слоя (исходя из требуемого сопротивления по условиям энергосбережения) [м]</p>	<p><math>\delta_{ут} =</math></p>	<p><math>\delta_{ут} =</math></p>
<p>Фактическое термическое сопротивление конструкции (<math>R_{ф}</math>) [(м<sup>2</sup> °С)/Вт]</p>	<p><math>R_{ф} =</math></p>	<p><math>R_{ф} =</math></p>
<p>Тепловая инерция конструкции (D)</p>	<p>D =</p>	<p>D =</p>
<p>Температура точки росы расчетного помещения</p>	<p><math>t_{росы} =</math></p>	
<p>Температура на внутренней поверхности (<math>\tau_{вн}</math>)</p>	<p><math>\tau_{вн} =</math></p>	<p><math>\tau_{вн} =</math></p>
<p>Требуемое сопротивление воздухопроницанию (<math>R^{пр}_{и}</math>) [м<sup>2</sup> ч Па/кг]</p>	<p><math>R^{пр}_{и} =</math></p>	<p><math>R^{пр}_{и} =</math></p>
<p>Фактическое сопротивление воздухопроницанию (<math>R_{и}</math>) [м<sup>2</sup> ч Па/кг]</p>	<p><math>R_{и, ф} =</math></p>	<p><math>R_{и, ф} =</math></p>
<p>Суммарная толщина конструкции [м]</p>		
<p>Удельная масса конструкции [кг/м<sup>2</sup>]</p>		