

БИБЛИОТЕКА СТРОИТЕЛЯ ВЕНТФАСАДОВ

НАВЕСНЫЕ ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ



РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И УСТРОЙСТВУ
ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ
ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Порт **АктивСтрой**
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР

Серия «Библиотека строителя вентфасадов»: **Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию и устройству тепловой защиты ограждающих конструкций зданий** / Воробьев В.Н., 2017. 52 с.

Рассмотрены особенности проектирования и устройства теплозащитной оболочки зданий с вентилируемым фасадом в свете требований СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Публикация подготовлена на основе обобщения и систематизации действующих нормативных требований, анализа научно-технических публикаций, рекомендаций Национального объединения строителей НОСТРОЙ, НИИСФ РААСН и собственного опыта участия ООО «ПортАктивСтрой» в разработке и реализации проектов строительства навесных фасадных систем.

Автор – Владимир Николаевич Воробьев, генеральный директор ООО «ПортАктивСтрой».

Адресовано проектировщикам, строителям и специалистам эксплуатирующих (управляющих) компаний.

**ПортАктивСтрой**
ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР

г. Владивосток, ул. Енисейская, 7, офис 320.

Тел. (423) 2650196, 2650116.

E-mail: kraspanvl@mail.ru, www.pa-stroy.ru

От автора

Применение фасадов с вентилируемым воздушным зазором, как правило, вызвано необходимостью повышения тепловой защиты ограждающих конструкций зданий до уровня нормативных требований. Следовательно, при проектировании фасадов таких зданий в первую очередь должны рассчитываться и контролироваться теплозащитные характеристики навесной фасадной системы. Особенностью НФС является насыщенность конструкции теплопроводными включениями в виде металлических кронштейнов, тарельчатых анкеров и др. Потери теплоты, обусловленные применением указанных элементов, прежде учитывались в теплотехнических расчетах путем применения рекомендованных значений коэффициента теплотехнической однородности. Однако с вступлением в силу СП 50.13330.2012 методика расчетов приведенного сопротивления теплопередаче изменилась. Вместо использования унифицированных значений коэффициента теплотехнической однородности теперь требуется выполнять расчет потерь теплоты для каждого теплозащитного элемента ограждающей конструкции. Расчет усложнился, и очевидно, что он представляет определенную сложность для специалистов, не часто сталкивающихся с проектированием навесных фасадных систем.

В настоящей работе предлагается пример расчетов приведенного сопротивления теплопередаче и толщины утепления для строящегося жилого дома. Кроме того, рассмотрены варианты технических решений, оказывающих влияние на теплозащитные свойства ограждающих конструкций.

Представленная информация может быть полезна специалистам, занимающимся проектированием и строительством зданий, а также собственникам объектов недвижимости и специалистам управляющих компаний, заинтересованным в обеспечении тепловой защиты зданий в соответствии с требованиями строительного законодательства.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора	2
Введение.....	4
1. Методика теплотехнического расчета.....	5
2. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции	8
3. Расчет толщины утеплителя.....	20
4. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции	22
4.1. Требования к воздухопроницаемости ограждающей конструкции.....	22
4.2. Пример расчета сопротивления воздухопроницанию	23
4.3. Ветрозащитные мембраны	25
5. Утеплители.....	29
6. Влияние теплозащитных элементов и конструктивных решений на теплозащитные свойства ограждающей конструкции.....	33
6.1. Кронштейны	33
6.2. Тарельчатые анкеры.....	36
6.3. Потери теплоты через стыки с оконными блоками	37
6.4. Сопряжение балконных плит со стеной.....	38
6.5. Углы стен (выпуклые и вогнутые).....	40
6.6. Облицовочные материалы.....	40
6.7. Вентиляционный зазор	41
6.8. Обрамление откосов проемов	43
7. Монтаж теплоизоляционного слоя	45
Библиографический список.....	49

Введение

Постановлением Правительства № 1521 от 26.12.2014 г. [6] в перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», включены разделы СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» [10].

Требования СП 50.13330.2012 распространяются на проектирование тепловой защиты строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий общей площадью более 50 м², в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим. Одновременно с актуализацией стандарта по тепловой защите актуализирован и стандарт по строительной климатологии. Климатические параметры отопительного периода принимаются теперь по СП 131.13330.2012 [11]. Некоторые показатели в новом документе изменились. Поэтому при выполнении проектных работ прежде всего нужно обращать внимание на корректное формирование исходных данных.

1. Методика теплотехнического расчета

Первоочередной задачей специалистов, проектирующих тепловой контур здания, является создание теплозащитной оболочки, приведенное сопротивление теплопередаче которой соответствует нормируемым значениям.

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции ($R_0^{норм}$) определяется по формуле 5.1 [10]:

$$R_0^{норм} = R_0^{TP} \cdot m_p \left[\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \right],$$

где $R_0^{TP} = a \cdot ГСОП + b \left[\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \right]$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции;

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

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен рассчитывают для всех фрагментов фасадов с теплопроводными включениями с учетом откосов проемов (без учета заполнения проемов). Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания ($R_0^{ПП}$) рассчитывается по формуле Е1 [10]:

$$R_0^{ПП} = \frac{1}{1/R_0^{усл} + \sum l_j * \psi_j + \sum n_K * \chi_K} = \frac{1}{\sum a_i * U_i + \sum l_j * \psi_j + \sum n_K * \chi_K} \left[\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} \right],$$

где $R_0^{усл}$ – условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

l_j – протяженность линейной неоднородности j-го вида, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, $\text{м}/\text{м}^2$;

ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j -го вида, Вт/(м°С);

n_k – количество точечных неоднородностей k -го вида, приходящихся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания, шт./м²;

χ_k – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k -го вида, Вт/°С;

a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²/ м²;

U_i – удельные потери теплоты через плоский элемент i -го вида, Вт/ м²°С.

Теплозащитная оболочка здания будет соответствовать нормативным требованиям при выполнении следующего условия: $R_0^{IP} \geq R_0^{норм}$. Достижение указанных параметров для зданий с навесными фасадными системами обеспечивается в первую очередь за счет применения эффективных утеплителей и оптимальных конструктивных решений.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции, в соответствии с п. Е.6 [10], должен содержать следующие части:

1) наименование конструкции и указание места, занимаемого ею в оболочке здания;

2) перечисление всех элементов, составляющих конструкцию.

Для каждого из перечисленных элементов необходимо представить:

3) удельную геометрическую характеристику элемента;

4) схему или чертеж, позволяющие понять состав и устройство элемента;

5) температурное поле узла, содержащего элемент;

6) принятые в расчете температурного поля температуры наружного и внутреннего воздуха, а также геометриче-

ские размеры узла конструкции, включенного в расчетную область;

7) минимальную температуру на внутренней поверхности конструкции и поток теплоты через узел, полученные в результате расчетов;

8) удельные потери теплоты через элемент.

(Вместо пунктов 5–7 можно использовать ранее посчитанные удельные потери теплоты через элемент с указанием ссылки на официальный документ, содержащий их расчет.)

9) расчет приведенного сопротивления теплопередаче по формуле E.1 [10].

10) таблицу с геометрическими и теплозащитными характеристиками элементов, а также промежуточными данными расчетов. Форма приведена в табл. E.2 [10].

2. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции

Порядок расчетов приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции рассмотрим на примере.

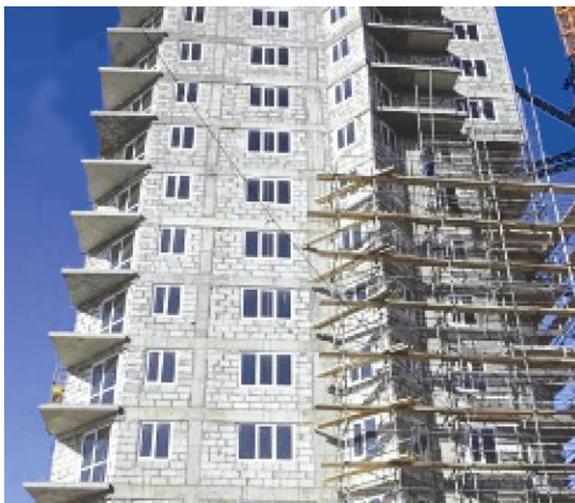


Фото 1. Жилой дом
с монолитным железобетонным каркасом

Наименование и характеристики объекта – здание с каркасом из монолитного железобетона (фото 1). Тип здания – жилое. Район строительства – Владивосток. Наружные стены толщиной 190 мм выполняются из андезитобазальтового блока. Стена утепляется минераловатным утеплителем в два слоя. Толщина нижнего слоя (в первом приближении) – 100 мм, верхнего – 50 мм. Утеплитель крепят к основанию тарельчатым анкером, стальной распорный элемент которого защищен термоизолирующей головкой. Кронштейны НФС выполнены

из оцинкованной стали. Внутренняя штукатурка стен – гипсовая, толщиной 20 мм. Наружная штукатурка отсутствует. Толщина плиты железобетонного перекрытия 200 мм. Плиты балконов и лоджий перфорируют по длине в отношении 3/1 (утепленные пустоты/бетонные перемычки). Под перекрытием (в плоскости стены) проходит железобетонный ригель высотой 400 мм. Оконная рама установлена в проеме сразу за утеплителем. Схематическое изображение вертикального разреза стены в зоне расположения светопроемов представлено на рис. 1.

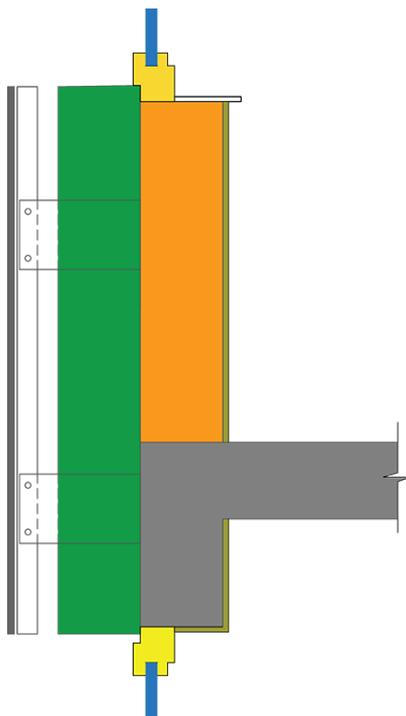


Рис. 1. Схематическое изображение вертикального разреза стены

Условия эксплуатации объекта представлены в табл. 1, состав стены (изнутри–наружу) – в табл. 2, геометрические характеристики теплозащитных элементов – в табл. 3.

Таблица 1

**Условия эксплуатации и климатические параметры
отопительного периода**

Параметры	Значения	Источник
Продолжительность отопительного периода $Z_{от}$, суток	198	СП 131.13330.2012, табл. 3.1
Расчетная температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °С	20	ГОСТ 30494-2011, табл. 1
Средняя температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92 тн, °С	-23	СП 131.13330.2012, табл. 3.1, графа 5
Средняя температура наружного воздуха за отопит. период $t_{от}$, °С	-4,3	СП 131.13330.2012, табл. 3.1, графа 12
α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м ² ·°С);	8,7	СП 50.13330.2012, табл. 4
α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности для условий холодного периода, Вт/(м ² ·°С);	12	СП 50.13330.2012, табл. 6
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	7,3	СП 131.13330.2012, табл. 3.1
Влажностный режим эксплуатации помещений	нормальный	СП 50.13330.2012, табл. 1
Зона влажности	влажная	СП 50.13330.2012, прил. В
Условие эксплуатации ограждающих конструкций	Б	СП 50.13330.2012, табл. 2

Требуемое сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции:

$$R_0^{TP} = a \cdot ГСОП + b \left[\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right],$$

где $a = 0,00035$; $b = 1,4$ – значения коэффициентов, принятые по табл. 3 [10];

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода.

ГСОП = $(t_{в} - t_{от}) \cdot Z_{от}$, формула 5.2 [10];

$$\Gamma_{\text{СОП}} = [20 - (-4,3)] \cdot 198 = 4811,4 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$$

$$R_0^{TP} = 0,00035 \cdot 4811,4 + 1,4 = 3,084 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт.}$$

Таблица 2

Состав стены (изнутри–наружу)

№ п/п	Конструкционный слой	Вид материалов	Толщина слоя δ , м	Теплопроводность (λ), в условиях эксплуатации Б Вт/м ² С	Термическое сопротивление слоя $R = \delta/\lambda$, м ² ·°C/Вт
1	Штукатурка внутренняя	Гипс	0,02	0,21	0,095
2	Стеновое заполнение 1	Блок андезитобазальтовый	0,19	0,45	0,422
3	Стеновое заполнение 2	Монолитный железобетон	0,20	2,04	0,098
4	Утеплитель (нижний слой)	«ИзOVERВент-Фасад-Низ», плотность – 19 кг/м ³	0,1	0,04	2,5
5	Утеплитель (верхний слой)	«РоквулВенти-Баттс», плотность – 90 кг/м ³	0,05	0,04	1,25

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент (далее – теплозащитных элементов). Разбивку на теплозащитные элементы (плоские, линейные и точечные) следует выполнять по методике СП 230.1325800.2015 [12]. Для каждого элемента рассчитывают удельный геометрический показатель и определяют удельные потери теплоты.

Перечень теплозащитных элементов объекта:

а) плоские элементы (ПЭ):

- ПЭ1 – кладка из андезитобазальтовых блоков, утепленная минераловатными плитами;

- ПЭ2 – железобетонный ригель, плиты перекрытия и колонны, утепленные минераловатными плитами.
- б) линейные элементы (ЛЭ):
- ЛЭ1 – верхний откос проема, образованный железобетонным ригелем, утепленным минераловатными плитами;
 - ЛЭ2 – боковой откос проема, образованный кладкой из андезитобазальтовых блоков, утепленных минераловатными плитами;
 - ЛЭ3 – подоконный откос (отлив), образованный кладкой из андезитобазальтовых блоков, утепленных минераловатными плитами;
 - ЛЭ4 – выпуклые углы здания, образованные кладкой из андезитобазальтовых блоков, утепленных минераловатными плитами;
 - ЛЭ5 – вогнутые углы здания, образованные кладкой из андезитобазальтовых блоков, утепленных минераловатными плитами;
 - ЛЭ6 – стыки с балконной плитой.
- в) точечные элементы (ТЭ):
- ТЭ1 – кронштейн из оцинкованной стали, установленный на ж/б основании, утепленном минераловатными плитами;
 - ТЭ2 – кронштейн из оцинкованной стали, установленный на андезитобазальтовом блоке, утепленном минераловатными плитами;
 - ТЭ3 – тарельчатый анкер для крепления теплоизоляции, установленный на ж/б основании, утепленном минераловатными плитами;
 - ТЭ4 – тарельчатый анкер для крепления теплоизоляции, установленный на андезитобазальтовом блоке, утепленном минераловатными плитами.

**Геометрические характеристики
теплозащитных элементов объекта**

A – площадь поверхности ограждающей конструкции, без учета светопроемов, м ²	6760
A ₁ – площадь стены с основанием из андезитобазальтовых блоков, м ²	5846
a ₁ – площадь стены из андезитобазальтовых блоков, приходящаяся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (A ₁ /A), м ² / м ²	0,865
A ₂ – общая площадь участков стены с основанием из монолитного железобетона, м ²	914
a ₂ – площадь ж/б стены, приходящаяся на 1 м ² ограждающей конструкции (A ₂ /A), м ² / м ²	0,135
L ₁ – общая длина проекции верхнего оконного откоса, образованного ж/б ригелем, м	320
l ₁ – протяженность верхних откосов, образованных стыком проема с ж/б ригелем, приходящаяся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (L ₁ /A), м/м ²	0,047
L ₂ – общая длина проекции бокового оконного откоса, образованного андезитобазальтовым блоком, м	697
l ₂ – протяженность боковых откосов, образованных стыком проема с андезитобазальтовым блоком, приходящаяся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (L ₂ /A), м/м ²	0,103
L ₃ – общая длина проекции подоконного откоса, образованного андезитобазальтовым блоком, м	320
l ₃ – протяженность подоконных откосов, образованных стыком проема с андезитобазальтовым блоком, приходящаяся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (L ₃ /A), м/м ²	0,047
L ₄ – общая длина выпуклых углов, м	622
l ₄ – протяженность выпуклых углов, приходящаяся на 1 м ² фасада (L ₄ /A), м/м ²	0,092
L ₅ – общая длина вогнутых углов, м	498
l ₅ – протяженность вогнутых углов, приходящаяся на 1 м ² фасада (L ₅ /A), м/м ²	0,074
L ₆ – общая длина стыков с балконной плитой, м	561
l ₆ – протяженность стыков с балконной плитой, приходящаяся на 1 м ² площади фасада (L ₆ /A), м/м ²	0,083

N ₁ – кол-во кронштейнов, установленных на железобетонном основании, шт.	2151
n ₁ – кол-во кронштейнов, установленных на железобетонном основании, приходящееся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (N ₁ /A), шт./м ²	0,32
N ₂ – кол-во кронштейнов, установленных на андезитобазальтовых блоках, шт.	13749
n ₂ – кол-во кронштейнов, установленных на андезитобазальтовых блоках, приходящееся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (N ₂ /A), шт./м ²	2,03
N ₃ – кол-во тарельчатых анкеров, установленных на железобетонном основании, шт.	10973
n ₃ – кол-во тарельчатых анкеров, установленных на железобетонном основании, приходящееся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (N ₃ /A), шт./м ²	1,6
N ₄ – кол-во тарельчатых анкеров, установленных на андезитобазальтовых блоках, шт.	70147
n ₄ – кол-во тарельчатых анкеров, установленных на андезитобазальтовых блоках, приходящееся на 1 м ² общей площади ограждающей конструкции (N ₄ /A), шт./м ²	10,4

Для плоских элементов расчет удельных потерь теплоты выполняется по формулам Е.6, Е.3 [10].

Удельные потери теплоты для плоского элемента 1 вида

$$U_1 = \frac{1}{R_{0,1}^{ycl}} [Bm / m^2 \cdot ^\circ C],$$

где $R_{0,1}^{ycl} = 1/av + R_{kl} + 1/an$ – условное сопротивление теплопередаче для плоского элемента 1-го вида, м²·°C/Вт;

R_{kl} – термическое сопротивление ПЭ1 (п.п. 1, 2, 4, 5, табл. 2).

$$R_{kl} = 0,095 + 0,422 + 2,5 + 1,25 = 4,267 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

$$R_{0,1}^{ycl} = 1/8,7 + 4,267 + 1/12 = 4,466 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

$$U_1 = 1/4,466 = 0,224 \text{ Вт/м}^2\text{°C.}$$

Удельные потери теплоты для плоского элемента 2-го вида:

$$U_2 = \frac{1}{R_{0,2}^{ycl}} [Bm / m^2 \cdot ^\circ C],$$

где $R_{0,2}^{ycl} = 1/\alpha_в + R_{к2} + 1/\alpha_n$ – условное сопротивление теплопередаче для плоского элемента 2 вида, $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$;

$R_{к2}$ – термическое сопротивление ПЭ2 (п.п. 1, 3, 4, 5, табл. 2).

$$R_{к2} = 0,095 + 0,098 + 2,5 + 1,25 = 3,943 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_{0,2}^{ycl} = 1/8,7 + 3,943 + 1/12 = 4,142 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

$$U_2 = 1/4,142 = 0,241 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Расчет тепловых потерь через линейные и точечные теплозащитные элементы выполняются двумя способами: либо расчетом тепловых полей, либо на основании общедоступных справочных данных.

Для выполнения расчетов температурных полей используются специальными компьютерными программами. Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, определяют на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента.

Потери теплоты через точечную неоднородность определяют путем расчета трехмерных тепловых полей по формуле Е.11 [10]:

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_в - t_n} [Bm / ^\circ C],$$

где $\Delta Q_k^K = Q_k - \tilde{Q}_k [Bm]$ – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность k -го вида, определяемые по формуле Е.12 [10];

Q_k – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность k -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

\tilde{Q}_k – потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность k -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт.

Удельные потери теплоты через линейные элементы, Вт/(м °С), определяются расчетом двухмерных тепловых полей по формуле Е.8 [10]:

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_e - t_n} [Вт / (м \cdot ^\circ C)],$$

где $\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2}$ – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j -го вида, приходящиеся на 1 п. м, Вт/м, определяемые по формуле Е.9 [10];

Q_j^L – потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью j -го вида, приходящиеся на 1 п. м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$Q_{j,1}$, $Q_{j,2}$ – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью j -го вида, Вт/м, определяемые по формулам Е.10 [10]:

$$Q_{j,1} = \frac{t_B - t_n}{R_{o,j,1} \cdot 1 \text{ м}} \cdot S_{j,1}, \quad Q_{j,2} = \frac{t_B - t_n}{R_{o,j,2} \cdot 1 \text{ м}} \cdot S_{j,2}$$

где $S_{j,1}$, $S_{j,2}$ – площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля.

Определение тепловых потерь через линейные и точечные теплозащитные элементы допускается выполнять без расчетов температурных полей, на основании справочных материалов, содержащих общедоступную информацию об удельных объемах теплотерь в элементах фасадной конструкции. В этой связи особый интерес для проектировщиков может

представлять СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» [12]. Данный свод правил разработан научно-исследовательским институтом строительной физики РААСН в развитие раздела 5 СП 50.13330.2012 [10] с целью упрощения работы специалистов, проектирующих тепловой контур здания. Основную часть свода правил [12] составляют таблицы с расчетными характеристиками различных узлов конструкций, позволяющие исключить расчеты температурных полей в процессе проектирования.

В нашем случае с помощью таблиц прил. «Г» [12] можно определить удельные потери теплоты через стыки с балконной плитой (ψ_6), тарельчатые анкеры (χ_3 , χ_4), выпуклые и вогнутые углы здания (ψ_4 , ψ_5).

К сожалению, в СП 230.1325800.2015 отсутствуют значения тепловых потерь через кронштейны и откосы оконных проемов. Проблема в том, что номенклатура кронштейнов и технологических решений примыкания к проемам у каждого производителя вентилируемых фасадов своя. Применяемые изделия различаются конфигурацией, размерами и материалами изготовления (сталь, алюминий). Поэтому обобщить их характеристики чрезвычайно затруднительно. В этой ситуации помощь проектировщикам могут оказать справочные данные производителей НФС, содержащие расчеты удельных потерь теплоты через элементы своей конструкции.

В данном примере исходные параметры проектирования приняты для фасадной конструкции «L-ВСтКраспан» из оцинкованной стали. На основании предоставленных производителем фасадной системы расчетов и официального заключения о потерях теплоты через элементы НФС "Краспан" [7], находим значения удельных потоков теплоты, обусловленные кронштейнами (χ_1 , χ_2) и примыканиями откосов проемов (ψ_1 , ψ_2 , ψ_3). Полученные результаты заносим в таблицу (табл. 4), оформленную по образцу табл. Е.2 [10].

**Геометрические и теплозащитные
характеристики элементов**

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, Вт/(м ² °С)	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
ПЭ1	a1 = 0,86 м ² /м ²	U1 = 0,224 Вт/м ² °С	0,194	57,5
ПЭ2	a2 = 0,14 м ² /м ²	U2 = 0,241 Вт/м ² °С	0,033	9,7
ТЭ1	n1 = 0,32 шт/м ²	χ1 = 0,029 Вт/°С	0,009	2,7
ТЭ2	n2 = 2,03 шт/м ²	χ2 = 0,024 Вт/°С	0,048	14,3
ТЭ3	n3 = 1,6 шт/м ²	χ3 = 0,002 Вт/°С	0,003	1,0
ТЭ4	n4 = 10,4 шт/м ²	χ4 = 0,002 Вт/°С	0,021	6,2
ЛЭ1	l1 = 0,047 м/м ²	ψ1 = 0,041 Вт/(м°С)	0,0019	0,6
ЛЭ2	l2 = 0,103 м/м ²	ψ2 = 0,034 Вт/(м°С)	0,004	1,0
ЛЭ3	l3 = 0,047 м/м ²	ψ3 = 0,082 Вт/(м°С)	0,004	1,2
ЛЭ4	l4 = 0,09 м/м ²	ψ4 = 0,097 Вт/(м°С)	0,009	2,6
ЛЭ5	l5 = 0,074 м/м ²	ψ5 = -0,154 Вт/(м°С)	-0,011	-3,4
ЛЭ6	l6 = 0,083 м/м ²	ψ6 = 0,293 Вт/(м°С)	0,022	6,6
ИТОГО	1 / R ₀ ^{lп} , Вт / (м ² · °С)		0,3368	100

Приведенное сопротивление теплопередаче ($R_0^{lп}$) рассчитывается по формуле Е.1 [10] как величина, обратно-пропорциональная полученному значению суммарного удельного потока теплоты.

$$R_0^{ПП} = 1 : 0,3368 = 2,969 \text{ м}^2\text{С/Вт}.$$

По формуле Е.4 [10] рассчитываем коэффициент тепло-технической однородности:

$$r = \frac{R_0^{ПП}}{R_0^{усл}}.$$

Если ограждающая конструкция включает несколько видов плоских элементов, различающихся по показателям теплопроводности, как в нашем случае, то значение условного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяется осреднением по площади.

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\sum a_i U_i} \left[\text{м}^2\text{С} / \text{Вт} \right],$$

$$r = R_0^{ПП} \cdot (a_1 \cdot U_1 + a_2 \cdot U_2), \text{ формула Е.5 [10].}$$

$$r = 2,969 \cdot (0,86 \cdot 0,224 + 0,14 \cdot 0,241) = 0,67.$$

3. Расчет толщины утеплителя

Толщину утеплителя рассчитывают по формуле Л.1 [10]:

$$\delta_y = \left(\frac{1}{1/R_{TP}^0 - \sum l_j * \psi_j - \sum n_k * \chi_k} - \frac{\delta_K}{\lambda_K} - \frac{1}{\alpha_B} - \frac{1}{\alpha_H} \right) * \lambda_y$$

В нашем случае ограждающая конструкция образована двумя видами материалов: андезитобазальтовым блоком и монолитным железобетоном. Теплотехнические показатели у них разные, поэтому расчет утеплителей следует выполнять раздельно для двух участков фасада. Кроме того, будем иметь в виду, что в данном примере утеплитель укладывается в два слоя. Верхний слой должен быть достаточно плотным ($\geq 75 \text{ кг/м}^3$), исходя из условий обеспечения пожарной безопасности. Толщину верхнего слоя утеплителя оставим 50 мм в соответствии с исходными данными. Толщину внутреннего (нижнего) слоя можно рассчитать по формуле

$$\delta_{y.вн.j} = \left[\frac{R_0^{TP}}{r} - \left(\frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_н} \right) \right] \cdot \lambda_{y.вн.}$$

Расчетное значение толщины внутреннего слоя утеплителя на участках фасада, образованных андезитобазальтовыми блоками (ПЭ1):

$$\delta_{y.вн.1} = \left[\frac{3,084}{0,67} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,19}{0,45} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{12} \right) \right] \cdot 0,04 = 105 \text{ мм.}$$

Расчетное значение толщины внутреннего слоя утеплителя для участков фасада из железобетона (ПЭ2):

$$\delta_{y.вн.2} = \left[\frac{3,084}{0,67} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{12} \right) \right] \cdot 0,04 = 118 \text{ мм.}$$

Проектную толщину утеплителя нижнего слоя на всех участках фасада принимаем равной наибольшему из полученных значений – 0,12 м.

При выполнении расчетов толщины утеплителя необходимо контролировать значения показателей приведенного сопротивления теплопередаче, которое не должно быть ниже нормируемого значения. На основании формул Е.4, Е.6 [10] приведенное сопротивление фрагмента теплозащитной оболочки здания можно рассчитать по формуле

$$R_0^{ПП} = R_0^{учл} \cdot r = \left(\frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \cdot r.$$

В нашем случае

$$\begin{aligned} R_{0,1}^{ПП} &= \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,19}{0,45} + \frac{0,12}{0,04} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{12} \right) \cdot 0,67 = \\ &= 3,337 > R_0^{норм} (3,084), \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{0,2}^{ПП} &= \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,21} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,12}{0,04} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{12} \right) \cdot 0,67 = \\ &= 3,119 > R_0^{норм} (3,084), \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}. \end{aligned}$$

Таким образом, на всех участках фасада расчетные показатели приведенного сопротивления теплопередаче превышают нормируемое значение. Расчет толщины утеплителя удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012.

4. Воздухопроницаемость ограждающей конструкции

Важным фактором, который необходимо учитывать при проектировании теплозащитной оболочки зданий, является воздухопроницаемость ограждающей конструкции. Отметим, что пункт 7.3 СП 50.13330.2012[10], нормирующий значения поперечной воздухопроницаемости, включен в перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

4.1. Требования к воздухопроницаемости ограждающей конструкции

Сопrotивление воздухопроницанию ограждающей конструкции, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию.

Нормируемая поперечная воздухопроницаемость (G_n) должна соответствовать значениям, указанным в табл. 9 [10]:

- жилых, общественных и бытовых зданий – 0,5 кг/(м²·ч);
- производственных зданий и помещений – 1,0 кг/(м²·ч).

Воздухопроницаемость конструкции зависит от показателей сопротивления воздухопроницанию материалов этой конструкции. Нормируемое сопротивление воздухопроницанию (R_u^{TP}) определяется по формуле 7.1 [10]:

$$R_u^{TP} = \Delta p / G_n \text{ [м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}],$$

где Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па, определяется по формуле 7.2 [10].

$$\Delta p = 0,55 \text{ Н } (\gamma_n - \gamma_v) + 0,03 \gamma_n v^2,$$

где H – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по табл. 3.1 [11];

γ_n, γ_v – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле 7.3 [10]:

$$\gamma = 3463 / (273 + t);$$

t – температура воздуха: внутреннего (для определения γ_v) – принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.2645; наружного (для определения γ_n) – принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [11].

Фактические показатели сопротивления воздухопроницанию определяются как сумма значений сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции по формуле 7.4 [10]:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un},$$

где $R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}$ – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, м²·ч·Па/кг.

Значения показателей принимаются по СП 50.13330.2012 [10], справочным данным или технической информации производителя.

4.2. Пример расчета сопротивления воздухопроницанию ограждающей конструкции

В рассматриваемом примере разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций жилого дома соответствует значению $\Delta p = 89,23$ Па.

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию:

$$R_u^{TP} = \Delta p / G_n = 89,23 : 0,5 = 178,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

Фактические значения сопротивления воздухопроницанию слоев ограждающей конструкции рассматриваемого объекта представлены в табл. 5.

**Сопротивление воздухопроницанию слоев
ограждающей конструкции**

Материалы конструкции	Нормативные, справочные данные, паспорта продукции		Показатели для объекта	
	Тол- щина слоя, м	Сопротивление воздухопрони- цанию, м ² ·ч·Па/кг	Тол- щина слоя, м	Сопротивление воздухопрони- цанию (R _и), м ² ·ч·Па/кг
Гипсовая штукатурка	0,01	20	0,02	40
Блок андезитоба- зальтовый	0,4	13	0,19	6,18
Монолитный железобетон	0,1	20000	0,2	40000
Плита минерало- ватная «ИзOVER- ВентФасад-Низ»	0,05	2	0,12	4,8
Плита минерало- ватная «Роквул- ВентиБаттс»	0,05	2	0,05	2

В рассматриваемом примере ограждающая конструкция образована двумя видами материалов: андезитобазальтовым блоком и монолитным железобетоном. Значения сопротивления воздухопроницанию у них разные, поэтому контроль параметров поперечной воздухопроницаемости на соответствие нормируемым значениям следует выполнять отдельно для двух участков фасада.

Сопротивление воздухопроницанию фрагментов ограждающей конструкции, образованных андезитобазальтовым блоком:

$$R_u = 40 + 6,18 + 4,8 + 2 = 53 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

Сопротивление воздухопроницанию железобетонных фрагментов ограждающей конструкции:

$$R_u = 40 + 40000 + 4,8 + 2 = 40047 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию, т. е. должно выполняться условие $R_u \geq R_u^{TP}$. На участках фасада, образованных андезитобазальтовым блоком, данное условие не выполняется. Таким образом, ограждающая конструкция жилого дома не соответствует требованиям СП 50.13330.2012.

4.3. Ветрозащитные мембраны

Для приведения конструкции к нормативным показателям требуется организовать на проблемных участках защитные мероприятия, создающие дополнительное сопротивление воздухопроницанию не менее $126 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

Обратим внимание: строители часто заблуждаются, полагаясь на ветрозащитные качества минераловатных утеплителей. Это не так – минераловатные утеплители имеют крайне низкие (почти нулевые) значения сопротивления воздухопроницанию. Даже плиты с кашированной поверхностью не представляют собой никакой защиты от воздухопроницания. Нужны иные ветрозащитные мероприятия. Чаще всего для указанных целей в НФС применяют ветро-гидрозащитную мембрану (ВГЗМ).

Общеизвестно, что ветрозащитные мембраны защищают утеплитель и стену от ветра, поэтому ВГЗМ традиционно применяются практически на каждом строительном объекте. Но многие ли из нас задумываются о том, какую реальную ветрозащиту обеспечивает та или иная мембрана? Дело в том, что значения показателей сопротивления воздухопроницанию большинства мембран, применяющихся при строительстве НФС, находятся в диапазоне от 0,5 до $10,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$. В нашем случае, когда требуется сократить сопротивление на 126 единиц, такие мембраны ничем не помогут.

Хорошим исключением является негорючая строительная ткань TEND KM-0. В протоколе испытаний НИИСФ РААСН [5] указаны следующие характеристики данной ткани:

- сопротивление паропрооницанию – 0,07 м²·ч·Па/мг;
- сопротивление воздухопроницанию – не менее 1500 м²·ч·Па/кг.

Таким образом, в рассматриваемом примере проблема повышенной воздухопроницаемости ограждающей конструкции может быть решена за счет применения негорючей мембраны TEND KM-0. С применением указанной мембраны поперечное сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции достигает значения, удовлетворяющего нормативным требованиям (и превосходит его). Применение ВГЗМ с высокими показателями сопротивления воздухопроницанию также будет способствовать сокращению потерь теплоты, вызванных продольной фильтрацией воздуха в плитах утеплителя, расположенных в углах здания и в межоконных простенках [2]. Характеристики воздухопроницаемости мембран следует принимать на основании официальных протоколов испытаний, выполненных по ГОСТ 32493-2013.

При выборе ВГЗМ необходимо обращать внимание на значения показателей паропрооницаемости мембран. В целях предотвращения переувлажнения ограждающей конструкции сопротивление паропрооницаемости ветрозащитной мембраны не должно превышать соответствующего значения сопротивления паропрооницаемости расположенных под ней слоев ограждающей конструкции (включая утеплитель). Процесс удаления водяного пара из помещений производится за счет диффузии через материалы ограждающей конструкции в воздушную прослойку, откуда выносятся воздушным потоком. Чтобы не препятствовать диффузионному процессу, слои конструкции стены должны быть расположены в порядке убывания сопротивления паропрооницанию по ходу движения водяных паров из помещения наружу.

Сопротивление паропрооницанию отдельного слоя ограждающей конструкции рассчитывается по формуле 8.9 [10]:

$$R_{\text{пi}} = \delta/\mu \text{ (м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг)},$$

где δ – толщина слоя, м;

μ – коэффициент паропрооницаемости материала, мг/(м·ч·Па).

Значения сопротивлений паропроницанию слоев ограждающей конструкции жилого дома представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Сопротивление паропроницанию слоев
ограждающей конструкции**

Наименование материала	Толщина слоя, м	Коэффициент паропроницаемости (μ), мг/(м·ч·Па)	Сопротивление паропроницанию ($R_{п1}$), м ² ·ч·Па/мг
Штукатурка гипсовая	0,02	0,075	0,267
Андезитобазальтовый блок	0,19	0,155	1,225
Монолитный железобетон	0,20	0,03	6,667
Плита минераловатная «ИзоверВентФасад-Низ»	0,12	0,54	0,222
Плита минераловатная «РоквулВентиБаттс»	0,05	0,32	0,156

Сопротивление паропроницанию негорючей строительной ткани TEND KM-0 (0,07 м²·ч·Па/мг) меньше значений сопротивления паропроницанию любого из расположенных под ней слоев конструкции. Таким образом, ветрозащитная мембрана, выбранная для применения на рассматриваемом объекте, не является препятствием для выведения паров из ограждающей конструкции. Применять её можно.

Применение ветро-гидрозащитных пленок с повышенным сопротивлением паропроницанию или паронепроницаемых мембран может привести к переувлажнению фасадной конструкции. Характеристики паропроницаемости мембран следует принимать на основании протоколов испытаний, выполненных по ГОСТ 25898-2012.

На практике заказчики и строители очень часто путают ветрозащитную мембрану с пароизоляционной пленкой. В конкурсной документации на выполнение подрядных работ по устройству НФС с удивительной регулярностью встречаются объявления с заданием следующего содержания:

... «выполнить наружную облицовку поверхности стен по металлическому каркасу керамогранитом, с пароизоляционным слоем из пленки»...

... «выполнить облицовку утеплителя пленкой пароизоляционной 3-слойной полиэтиленовой, с армированным слоем из полиэтиленовых полос»...

Вот так, вместо того, чтобы обеспечить беспрепятственный выход и удаление водяных паров, заказчик, наоборот, намерен задержать пар в утеплителе. К чему это приведет? Вместо повышения теплоизоляционных параметров получим намокание, снижение теплопроводности и разрушение утеплителя, промерзание стены. Следует понимать, что никаких **пароизоляционных пленок в вентфасаде не должно быть** – эти пленки предназначены для иных целей.

Более подробная информация о качественных характеристиках ВГЗМ представлена в монографии «Ветрозащитные мембраны. Необходимость применения и критерии выбора» [16].

5. Утеплители

В качестве утеплителей в НФС допускается применять изделия из минеральной ваты. В зависимости от исходного материала минеральная вата подразделяется на стекловату, в состав которой входит кварцевый песок, и каменную вату, которая производится из горных пород, таких как диабаз, габбро, доломит, базальт. Утеплители из пенополистирола применять в НФС нельзя. Утеплители, указанные в проектно-сметной документации на вентилируемые фасады, должны иметь установленную документацию, подтверждающую возможность их применения в НФС.

В общем случае утеплители выбирают по критериям теплопроводности и пожарной безопасности. Но этого недостаточно. Нужно обязательно обращать внимание на такие показатели, как плотность, гибкость и упругость плит. Дело в том, что наибольший эффект от применения минераловатных утеплителей достигается только в том случае, когда они плотно прилегают к утепляемой поверхности и друг к другу. Между плитами утеплителя и стеной не должно оставаться пустот и зазоров.

По результатам лабораторных испытаний [8] установлено, что даже сантиметровый зазор в стыках между плитами утеплителя приводит к 15 %-м потерям теплоты (рис. 2).

Ещё более существенные теплопотери возникают при монтаже плит утеплителя неплотно к стене. Зазор 10 мм между плитой утеплителя и основанием снижает теплозащитные характеристики фасада на 52 % (рис. 3).

В первом случае тепловые потери в щелях между плитами легко устраняются путем укладки плит утеплителя в два слоя так, чтобы плиты нижнего слоя перекрывались плитами верхнего. Во втором случае ситуация несколько сложнее. Дело в том, что ограждающие конструкции, как правило, не являются идеальной ровной поверхностью. На стене могут присут-

ствовать наплывы раствора, участки с отбитой и разрушенной штукатуркой, электрические кабели, выступающая арматура и т. п. Понятно, что строители должны подготовить основание для монтажных работ, но не следует чрезмерно обольщаться на этот счет. К тому же конструктивные решения кронштейна (подшва кронштейна, термопрокладка), а также головка анкерного узла сами по себе уже препятствуют плотному прилеганию утеплителя к стене.

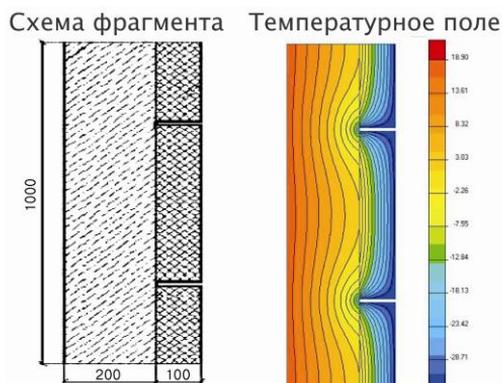


Рис. 2. Тепловые потери при наличии зазора 10 мм между плитами утеплителя

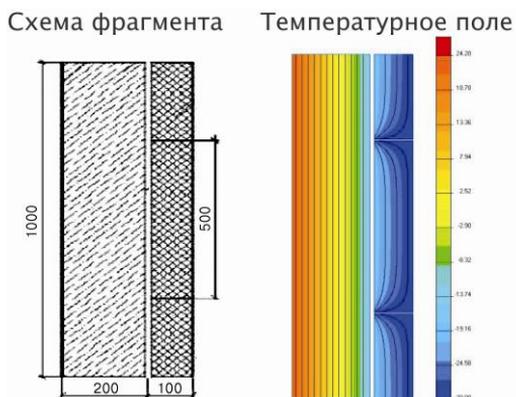


Рис. 3. Тепловые потери при наличии зазора 10 мм между плитой утеплителя и основанием

Обеспечить на практике плотное примыкание утеплителя к стене возможно только путем применения плит с высокими показателями сжимаемости. Плиты высокой плотности из каменной ваты для этих целей не самый подходящий вариант. Лучше применять плиты из стекловолокна либо из каменной ваты низкой плотности.

То же касается случаев устройства НФС на криволинейных поверхностях и стенах, имеющих определенный радиус закругления (рис. 4)

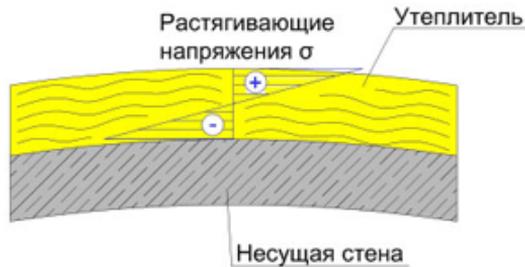


Рис. 4. Утепление криволинейных поверхностей

Монтаж жестких плит утеплителя в этом случае может оказаться проблемным. Во-первых, плита может обломиться (если усилия от изгибающих моментов превысят предел прочности утеплителя на растяжение), и образуется щель. Во-вторых, если не прижать всю поверхность плиты, под ней образуются пустоты. Таким образом, и в данном случае лучше использовать менее плотные и упругие утеплители, может быть, из штапельного стекловолокна.

Отметим, что вышеуказанные советы годятся только для нижнего слоя утеплителя. К верхнему слою предъявляются иные требования. Он должен быть более плотным, чтобы обеспечить защиту утеплителя от механических повреждений. Кроме того, верхний слой должен служить в качестве огнестойкой защиты конструкции от пожара. С этих позиций в качестве материала верхнего слоя следует выбирать плиты плотностью не менее 75 кг/м^3 . Таким образом, в целях наилучшего

соответствия комплексу требований к теплоизоляции в навесных вентилируемых фасадах лучше применять двухслойные решения: нижний слой – из легких неплотных плит, а верхний – из каменной ваты либо из стекловаты высокой плотности. В результате получается конструкция, плотная снаружи, но с внутренним слоем, надежно примыкающим к поверхности стены без образования полостей и разрывов.

Тепловые потери в щелях и зазорах, как правило, не определяются при проектировании. При выполнении теплотехнических расчетов проектировщики исходят из того, что плиты утеплителя примыкают плотно друг к другу и к основанию. Поэтому вышеуказанные рекомендации предлагаются в качестве мероприятий, обеспечивающих проектные решения.

6. Влияние теплозащитных элементов и конструктивных решений на теплозащитные свойства ограждающей конструкции

Определившись с утеплителем, рассмотрим степень влияния других элементов НФС на теплозащитные свойства ограждающей конструкции. Для наглядности вернемся к результатам расчетов удельных потерь теплоты. В правом столбце таблицы 4 приведены доли тепловых потерь, обусловленные теплозащитными элементами ограждающей конструкции. Наибольшие потери теплоты происходят в местах установки кронштейнов (17 %), тарельчатых анкеров (7,2 %), стыков с балконной плитой (6,6 %). Отметим, что значения всех показателей определены расчетным путем для конкретного объекта. Для других объектов эти значения будут иными, так как применяемые материалы и конструктивные решения могут варьировать. Например, вместо стальных кронштейнов могут быть установлены алюминиевые. Могут меняться типоразмеры и, соответственно, площади сечения кронштейнов, их количество, типы тарельчатых анкеров, конструктивные решения теплоизоляции балконных плит, оконных проемов и т.д. Каждое такое изменение влечет за собой изменение объемов тепловых потерь по объекту в целом.

Влияние различных конструктивных решений и применяемых материалов на теплозащитные характеристики ограждающей конструкции рассмотрим по отдельным элементам НФС.

6.1. Кронштейны

Большинство из производителей НФС применяют в своих системах собственные уникальные кронштейны, различающиеся по материалам изготовления и конфигурации (рис. 5). Площадь сечения кронштейнов, представленных на строитель-

ном рынке, может изменяться в диапазоне от 1,2 до 15 см². Соответственно, потери теплоты через них будут разными.



Рис. 5. Некоторые виды кронштейнов НФС

В рассмотренном примере теплотехнического расчета учтено использование L-образных кронштейнов из оцинкованной стали, сечением 170 мм², с характеристиками теплопотерь в андезитобазальтовом блоке – 0,024 Вт/°С [7]. Требуемая толщина утеплителя (два слоя) – 170 мм. В случае замены вышеуказанных стальных кронштейнов алюминиевыми (схожей конфигурации и того же производителя) удельный поток теплоты, обусловленный применением кронштейнов, вырастет более чем на 10 %, поскольку теплопроводность алюминия выше, чем стали. Толщину утеплителя придется увеличить до 200 мм.

При использовании стальных кронштейнов большей площади сечения (250–600 мм²) удельные потери теплоты через кронштейн вырастут до 0,06 Вт/°С [18]. При сохранении шага кронштейнов поток теплоты, обусловленный применением таких кронштейнов, увеличится до 33,4 %. Толщину теплоизоляции потребуется увеличить со 170 мм до 220 мм.

При применении алюминиевых кронштейнов площадью сечения от 250 до 600 мм² удельные потери теплоты через кронштейн могут составить до 0,09 Вт/°С [18]. При сохранении шага кронштейнов поток теплоты, обусловленный применением кронштейнов, увеличится до 43 %. Толщину теплоизоляции потребуется увеличить со 170 мм до 250 мм.

Таким образом, в целях оптимизации тепловых потерь через ограждающую конструкцию лучше выбирать не алюминиевые, а стальные кронштейны с наименее возможной (но расчетно-обоснованной) площадью сечения. Вместе с тем, подобное заключение может оказаться несправедливым для отдельных уникальных фасадных конструкций, в которых «большой» кронштейн и усиленный профиль позволяют существенно увеличить шаг кронштейнов. За счет сокращения теплопроводных включений (количества кронштейнов на 1 м²) тепловые потери, обусловленные применением кронштейнов, в таких системах могут иметь приемлемые значения.

Учитывая, что в суммарных потерях теплоты через ограждающую конструкцию наибольшая доля теплопотерь приходится, как правило, на кронштейн, производители НФС предлагают свои решения для повышения эффективности утепления зданий. Например, Краспан начал производство уникальных энергоэффективных кронштейнов из композитных материалов со стальными обшивками. Удельные потери теплоты через такой кронштейн сокращаются почти вдвое по сравнению с аналогичным кронштейном из оцинкованной стали. К слову сказать, эффективность применения подобных кронштейнов достигается не только за счет возможности применения утеплителей меньшей толщины, но и за счет конкурентной цены в связи с меньшей металлоемкостью энергоэффективного кронштейна в сравнении с его стальными и алюминиевыми аналогами.

Между основанием (стеной) и примыкающей к стене опорной частью кронштейна следует в обязательном порядке устанавливать теплоизолирующую прокладку. Виды прокладок (типоразмер, материал изготовления) указываются в технической документации производителей НФС. В связи с тем что показатели термического сопротивления прокладок учитываются в расчетах тепловых потерь через кронштейны, произвольная замена термопрокладок при монтаже не допускается. Монтаж кронштейнов должен выполняться с прокладками, указанными в альбомах технических решений.

6.2. Тарельчатые анкеры

Монтаж утеплителя выполняют тарельчатыми анкерами, состоящими из полимерного дюбеля/гильзы, шляпки и стального или полимерного распорного элемента (фото 2).



Фото 2. Тарельчатые анкеры для крепления теплоизоляции

Стальной распорный элемент анкера выполняется в нескольких вариантах – с термоизоляционной головкой и без неё. Длина термоизоляционной головки распорного элемента у различных производителей изменяется в пределах от 2 до 20 мм. В зависимости от вида распорного элемента, наличия или отсутствия термоизоляционной головки удельные потери теплоты через анкер со стальным распорным элементом изменяются в пределах от 0,006 до 0,0015 Вт/°С [12]. Учитывая большое количество анкеров (до 12 шт.), расходуемых на один квадратный метр утепляемой поверхности, тепловые потери через тарельчатые анкеры могут составлять весьма значительную долю общих тепловых потерь через стену здания.

В примере учтено использование тарельчатого анкера «ТЕРМОСЛИП» с оцинкованным распорным элементом, защищенным полиамидной головкой. Удельные потери теплоты через анкер – 0,002 Вт/°С [15]. Поток теплоты, обусловленный применением данного анкера, – 7,2 %. Не мало. Но если использовать анкер со стальным распорным элементом без термоизоляционной головки, поток теплоты, обусловленный применением данного анкера, вырастет до 19 % и толщину утеплителя потребуется увеличить со 170 мм до 200 мм.

Таким образом, для предотвращения тепловых потерь следует ориентироваться на применение тарельчатых анкеров с полимерным или стальным распорным элементом, имеющим термоголовку не менее 15 мм. Желательно, чтобы максимальные значения удельных потерь теплоты через дюбель не превышали 0,002 Вт/°С. Применять тарельчатый анкер со стальным распорным элементом без термоизоляционной головки не рекомендуется.

6.3. Потери теплоты через стыки с оконными блоками

Ошибки при выполнении узла примыкания оконного блока к стене являются частой причиной промерзания ограждающих конструкций. Для предотвращения тепловых потерь пространство между стеной и рамой должно быть запенено, а рама защищена утеплителем оконного проема. Существенное влияние на тепловые потери оказывает место установки оконного блока в проеме.

Варианты примыкания оконных блоков к стене
(СП 230.1325800.2015, таблица Г.33, Г.35)

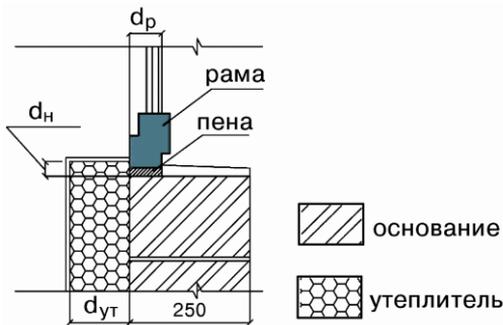


Рис. 6. Рама сразу за утеплителем

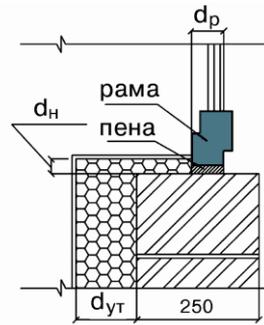


Рис. 7. Рама сдвинута от утеплителя

Существует два принципиально разных варианта заполнения проема – рама расположена на краю откоса сразу за утеплителем (рис. 6) и рама расположена в глубине откоса

(рис. 7). Во втором случае тепловые потери значительно больше.

В рассматриваемом примере рама установлена на краю откоса (в одной плоскости со стеной). Если сдвинуть её вглубь откоса, то для компенсации дополнительных тепловых потерь толщину утеплителя потребуется увеличить более чем на 10 %. Таким образом, сдвиг рамы в середину основания для стен с наружным утеплением – худший вариант решения узла.

Кроме того, следует обязательно утеплять раму, т. е. укладывать утеплитель с нахлестом на раму. Нахлест утеплителя 20 мм на раму снижает теплопотери на 10 %. При нахлесте 60 мм теплопотери снижаются на 25 %. В табл. Г.33, Г.35 [12] приведены результаты расчетов тепловых потерь для различных вариантов установки и утепления рамы. Наихудший случай – если рама задвинута вглубь проема и утепление её отсутствует (без нахлеста). В таком варианте чрезмерные потери теплоты, обусловленные стыком проема, порой невозможно устранить утеплителем.

Таким образом, наиболее эффективным вариантом является установка оконного/дверного блока на внешнем краю проема, сразу за утеплителем. При этом утеплитель необходимо проектировать с максимальным нахлестом на раму.

6.4. Сопряжение балконных плит со стеной

Сопряжение плит перекрытия со стеной следует учитывать при расчете приведенного сопротивления теплопередаче, только если плита перекрытия пересекает утеплитель. В этом случае данный тип узлов является наиболее мощным «мостиком холода» для подавляющего большинства ограждающих конструкций. Удельные показатели тепловых потерь в стыках с плитами представлены в табл. Г.17-Г.21 [12].

Для снижения тепловых потерь плиты перекрытия перфорируют, применяют закладные несущие теплоизоляционные элементы (НТЭ) или проводят иные теплозащитные мероприятия. Параметром, характеризующим перфорацию, является отношение длины термовкладышей к расстоянию между ними.

В примере теплотехнического расчета учтены тепловые потери (6,6 %) для случаев применения плит перекрытия, перфорированных в отношении 3/1. Замена данной перфорированной плиты на плиту без термовкладышей увеличит удельный поток теплоты, обусловленный стыком с балконной плитой до 12 %, и для обеспечения нормируемого сопротивления теплопередаче потребуется увеличить толщину утеплителя до 180 мм. Кроме того, в случаях применения балконных плит, не имеющих термовкладышей, в местах стыка возникают условия для образования локальных промерзаний, конденсата, грибка.

Наиболее эффективным решением стыка балконной плиты является применение закладных несущих теплоизоляционных элементов (НТЭ), представляющих собой конструкцию из коррозионностойкой стальной арматуры в высокоэффективном утеплителе.

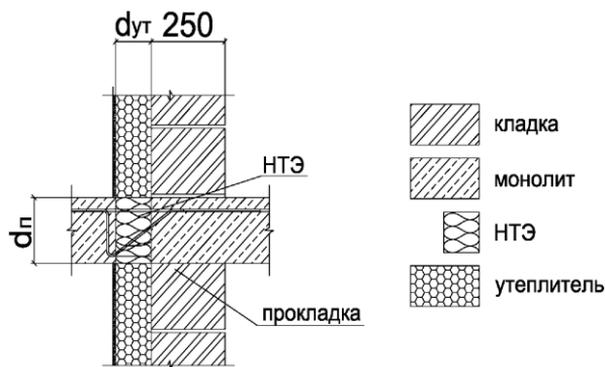


Рис. 8. Схема узла стыка балконной плиты с закладными НТЭ

Если перфорация в стыке представляет собой чередование теплоизоляции с железобетонными перемычками (при этом мостики холода концентрируются в перемычках), то с применением несущих теплоизоляционных элементов балкон термически отсекается по всей длине от контура здания. Влияние мостиков холода практически сводится к нулю. Тепловые потери предотвращаются. Использование несущих теплоизо-

ляционных элементов позволяет полностью устранить образование мостиков холода.

6.5. Углы стен

Возможны два варианта исполнения угла: выпуклый и вогнутый. Геометрия этих вариантов практически противоположна, а значит, и влияние на тепловые потери противоположно, так как угол рассматривают как чисто геометрический элемент. В связи с этим удельные потери теплоты для выпуклого угла положительные, а для вогнутого угла отрицательные.

В рассмотренном примере потоки теплоты, обусловленные наличием выпуклых углов, составляют $0,009 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$, а вогнутых углов – почти такое же значение, но со знаком минус ($-0,011 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°C})$). Соответственно, удельные теплопотери в углах практически полностью компенсируются. Таким образом, влияние углов на общие тепловые потери объекта оказывается незначительным. Это, может быть, противоречит сложившемуся представлению о том, что чем больше углов, тем больше потери теплоты – такой зависимости нет. При этом в зданиях со сложным в плане фасадом или только с выпуклыми углами, а также в небольших зданиях, например в коттеджах, тепловые потери в углах могут быть существенными.

6.6. Облицовочные материалы

Для облицовки зданий применяются различные виды материалов: натуральный и искусственный камень, металлические панели и кассеты, фиброцементные, композитные панели и др. Все облицовочные материалы различаются по своим физическим характеристикам, в том числе имеют разные показатели теплопроводности. Но нужно ли учитывать эти характеристики?

Чтобы ответить на этот вопрос, следует понимать, что технология устройства НФС предусматривает наличие вентилируемого воздушного зазора между утеплителем (строительным основанием) и облицовкой. Разность давлений под облицовкой создает условия для организации восходящего воздуш-

ного потока и непрерывной циркуляции воздуха в подоблицовочной части фасада. Таким образом, вследствие постоянного воздухообмена теплотехнические характеристики облицовочных панелей не могут оказывать существенного влияния на тепловые потери через ограждающую конструкцию. Поэтому слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью, в расчете приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки не учитываются [9].

В связи с этим обратим внимание на фасадные панели (отечественные и импортные) с внутренним теплоизоляционным сердечником и стальной обшивкой. Очень часто такие панели предлагаются покупателям как «два в одном» – теплоизоляция плюс облицовка (рис. 9).



Рис. 9. Облицовочная панель с внутренним теплоизоляционным сердечником

Конечно, было бы замечательно совместить решение двух проблем – облицевать и одновременно утеплить фасад тем же материалом. Но фокус не получается – облицовочные материалы в НФС не работают в качестве утеплителя. Поэтому, выбирая облицовочные панели для объекта с навесной фасадной системой, не стоит поддаваться рекламным обещаниям поставщиков – теплозащитная эффективность фасадной конструкции мало зависит от показателей теплопроводности облицовочных материалов.

6.7. Вентиляционный зазор

Принципиальная схема устройства НФС предусматривает наличие вентиляционного зазора между внутренней поверх-

ностью облицовки и теплоизоляционным слоем, обеспечивающего процесс влагоудаления из наружных ограждающих конструкций зданий. Ширина воздушного зазора должна быть 60–150 мм [9]. Требования по организации воздушного зазора содержатся в альбомах технических решений НФС. Однако монтажники порой забывают об этом. На фото 3 видим, что вентиляционный зазор отсутствует.



Фото 3. Отсутствие вентиляционного зазора

Недостаточная толщина вентиляционного зазора (или его отсутствие), препятствует циркуляции воздуха и удалению влаги из ограждающей конструкции, следствием чего будет увлажнение утеплителя, промерзание стен, появление грибка на внутренних поверхностях стены.

Для исключения подобных проблем при выполнении монтажных работ следует контролировать толщину воздушного зазора и наличие отверстий для притока и выхода воздуха. Не допускается глухая заделка узла примыкания облицовки к цоколю здания, блокирующая приток воздуха в вентилируемый зазор.

В процессе эксплуатации необходимо постоянно следить за тем, чтобы вентиляционные зазоры в цокольной части фасада не перекрывались при ремонте отмостки, укладке асфальта и не забивались посторонними предметами (грязь, снег, мусор).

6.8. Обрамление откосов проемов

Обрамление откосов проемов в НФС необходимо выполнять таким образом, чтобы свести к минимуму возможность попадания атмосферных осадков в подоткосовочное пространство. С этой целью короб оконного откоса следует выполнять со специальными отгибами в верхней и боковых частях короба, крепящимися под облицовочными плитами к направляющим каркаса (рис. 10).

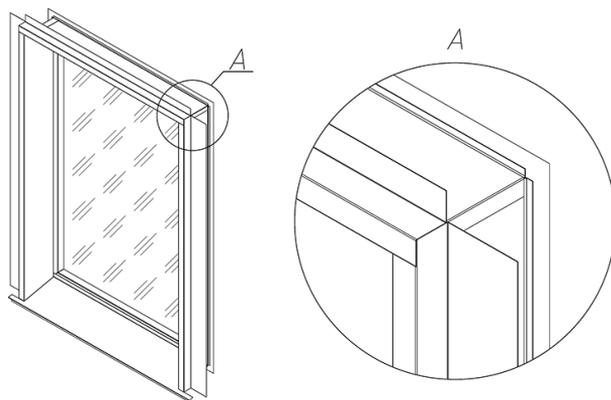


Рис. 10. Обрамление откосов проемов
(вариант технического решения)

Для обрамления проёмов стальные панели составляют единый короб, который крепится к строительному основанию внутренними торцами (краями откосов) верхних и боковых панелей. Панель облицовки верхнего откоса проёма должна крепиться ко всем направляющим каркаса в пределах длины откоса. Панели облицовки боковых откосов проёма рекомендуется крепить к ближайшим направляющим несущего каркаса в пределах высоты откоса. Конструкцию короба следует выполнять в соответствии с требованиями, указанными в альбомах технических решений производителей НФС.

Обрамления откосов проемов, выполненные с нарушениями установленной технологии, зачастую вместо защиты ограждающей конструкции могут играть роль водоприемников

для атмосферных осадков, перехватывая потоки воды с облицовки и направляя их вовнутрь конструкции (фото 4).



Фото 4. Щель над оконным проемом

Накапливаясь в утеплителе, атмосферные осадки становятся причиной деструкции утеплителя и снижения тепло технических характеристик ограждающей конструкции. Насыщенная влагой минеральная вата превращается в теплопроводящий материал, т.е. выполняет функцию, противоположную своему прямому назначению. Следствием этого являются понижение температуры и повышение влажности в помещениях, появление плесени, грибков, формальдегидов и гнили, постепенная осадка утеплителя вниз по конструктиву системы под весом собственной увеличившейся тяжести. Появляется вероятность частичного обрушения теплоизоляционного материала [17].

Таким образом, устройство коробов обрамления откосов проемов следует рассматривать в качестве одного из существенных условий обеспечения надлежащего функционирования теплозащитной оболочки зданий. Кроме того, коробка обрамления проемов выполняют функцию противопожарной защиты, препятствующей распространению огня по фасаду в случае пожара.

7. Монтаж теплоизоляционного слоя [13]

В НФС может применяться однослойное или двухслойное утепление из минераловатных плит. В случае двухслойного утепления для внутреннего слоя следует использовать минераловатные плиты более низкой плотности, а для наружного слоя и при однослойном утеплении – более высокой плотности. Следует обеспечить перекрытие швов первого слоя плитами второго слоя.

Плиты утеплителя должны устанавливаться вплотную друг к другу с заполнением (при необходимости) зазоров между ними этим же материалом. При установке плит утеплителя их следует подрезать до необходимого размера ножом с лезвием длиной не менее 1,5 толщины утеплителя. Ломать плиты утеплителя запрещается.

Теплоизоляционный слой должен укладываться в соответствии со схемами крепления, приведенными на рис. 11 и 12, угловые плиты устанавливаются с перевязкой каждого слоя. Не допускается выполнять утепление угла путем перегиба на нем плит теплоизоляции.

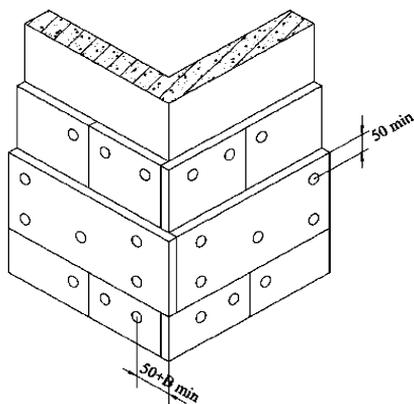


Рис. 11. Схема крепления двухслойного утеплителя на углу здания (B min – наименьшая толщина минераловатной плиты)

Внутренний слой плит должен плотно прижиматься к поверхности стены.

Места прохождения кронштейнов сквозь утеплитель рекомендуется выполнять способом пробивания киянкой (молотком с резиновым наконечником). При этом торец кронштейна прорезает утеплитель. Допускается делать в месте прохождения кронштейнов надрез по форме кронштейна.

Запрещается устанавливать плиты утеплителя с зазорами между ними, с зазором между поверхностью теплоизоляции и прижимным кругом тарельчатого анкера, а также с зазорами между утеплителем и стеной.

В случае двухслойного утепления крепление внутреннего слоя каждой плиты должно производиться двумя тарельчатыми анкерами, а в опорном ряду – тремя (рис. 12).

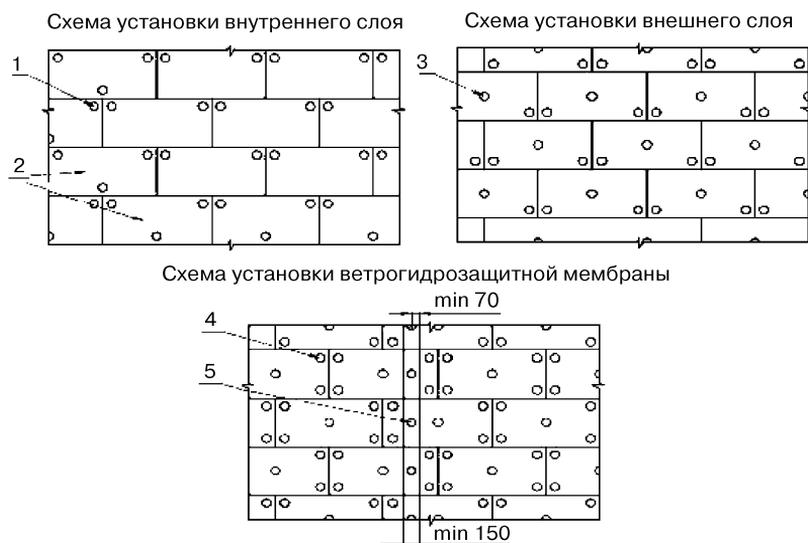


Рис. 12. Принципиальная схема крепления двухслойного утеплителя:

1 – тарельчатый анкер внутреннего слоя; 2 – опорный ряд внутреннего слоя; 3 – тарельчатый анкер внешнего слоя; 4 – тарельчатый анкер, крепит мембрану и внешний слой; 5 – тарельчатый анкер, устанавливается в местах перехлеста полотен с шагом от 500 до 1000 мм

Плиты наружного слоя и однослойного утепления крепят вместе с ветрогидрозащитным материалом пятью анкерами с тарельчатыми дюбелями. (Примечание – средний расход тарельчатых анкеров по объекту может составлять до 12 шт./м².)

Диаметр прижимного круга анкера с тарельчатым дюбелем (рондели) должен быть не менее 60 мм. Не допускаются поломка или установка с перекосом прижимного круга тарельчатого анкера. Поломаный или установленный с перекосом прижимного круга анкер не обеспечивает надежность крепления плиты утеплителя.

Забивку или ввинчивание распорного элемента анкера следует выполнять в направлении, перпендикулярном плоскости стены. Смятие утеплителя в месте крепления допускается не более 10 мм.

При двухслойном утеплении должна быть обеспечена разбежка швов между плитами утеплителя наружного и внутреннего слоев не менее чем на 50 мм.

При установке теплоизоляционного слоя не допускаются:

- установка теплоизоляции на влажное или не очищенное от снега и льда основание;
- образование пустот между стеной и плитой;
- применение плит утеплителя, имеющих механические повреждения (определяется визуально);
- наличие зазоров величиной более 2 мм между смежными плитами;
- зазор между ронделью и плитой утеплителя;
- прогибы (провисание), расслоение утеплителя;
- применение материалов (пенопласт, монтажная пена, пакля и т. п.), не предусмотренных технологией монтажа.

При установке ВГЗМ следует:

- осуществлять монтаж мембраны непосредственно на поверхности утеплителя;
- материал раскатывать с натягом по поверхности утеплителя горизонтально или вертикально и фиксировать тарельчатыми анкерами к стене;

- предусматривать минимальное расстояние от оси тарельчатого анкера до края полотна не менее 70 мм;
- устанавливать максимальную ширину перехлеста полотен не более 150 мм;
- устанавливать тарельчатые анкера в местах перехлеста полотен с шагом от 500 до 1000 мм.

Не рекомендуется оставлять фасад, обтянутый мембраной, в открытом состоянии (без установки облицовки) на срок более 4 месяцев.

При выполнении монтажных работ должен осуществляться контроль соответствия установленной теплоизоляции и ВГЗМ требованиям рабочей документации, с составлением актов на скрытые работы по форме РД 11-02-2006. При отсутствии актов освидетельствования скрытых работ запрещается выполнение последующих работ (монтаж облицовки фасада).

Библиографический список

1. Гагарин В.Г. Проблемы нормирования теплозащиты и потребления энергии в строительстве//Докл. на семинаре в НИИСФ РААСН (27.10.2015 г.)
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В., Мехнецов И.А. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях // АВОК. 2005. № 8.
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Пастушков П.П. К вопросу о применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой//Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 3.
4. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
5. Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН)// Протокол испытаний № 12050 от 22.05.2015 г.
6. Постановление Правительства № 1521 от 26.12.2014 г. «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
7. Расчет удельных потерь теплоты теплозащитной оболочкой здания через элементы НФС «Краспан» № Р-23-16/16 от 04.08.2016 г., ИЦ «Красстрой».
8. Русанов А.Е. Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2015. – 22 с.
9. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

10. СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
11. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99».
12. СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».
13. СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012 «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ».
14. СТО РОИС 00044807-001-2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций».
15. Техническое свидетельство № 4137-14 «О пригодности для применения в строительстве стеновых тарельчатых дюбелей "Тетосlip-Стена"».
16. Воробьев В.Н. Ветрозащитные мембраны. Необходимость применения и критерии выбора: монография. Владивосток, 2017.
17. Ветрова Г. Вентфасады: типичные ошибки при устройстве и проектировании фасадов с минераловатными утеплителями//Кровельные и изоляционные материалы. 2015. № 2.
18. Умнякова Н.П., Гагарин В.Г., Козлов В.В., Самарин О.Д., Пастушков П.П. Практические рекомендации по проектированию энергоэффективных жилых зданий. Астана, 2015.

В серии «Библиотека строителя вентфасадов» в 2017 году изданы книги:

- «Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию и монтажу анкерных креплений».

- «Навесные фасадные системы. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности».

- «Навесные фасадные системы. Рекомендации по проектированию и устройству тепловой защиты ограждающих конструкций зданий».

- «Ветрозащитные мембраны. Необходимость применения и критерии выбора».

Содержание книг на сайте www.pa-stroy.ru.

