

Вахрушев Вячеслав Александрович, магистрант,
Ижевский государственный технический институт
имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск

Султанова Эльвира Эдуардовна, магистрант,
Ижевский государственный технический институт
имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛА УТЕПЛИТЕЛЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ВЕНТИЛИРУЕМОГО ФАСАДА

Аннотация: Настоящая работа посвящена исследованию и анализу различных типов утеплителей, используемых в системах вентилируемого фасада, с целью определения оптимального варианта с учётом климатических условий, экономических факторов и требований к экологичности.

Ключевые слова: вентилируемый фасад, минераловатная плита, каменная вата, экструдированный пенополистирол, теплопроводность.

В условиях постоянно растущих требований к энергоэффективности зданий, выбор оптимального утеплителя для вентилируемого фасада становится критически важной задачей. Эффективность вентилируемого фасада напрямую зависит от теплоизоляционных свойств применяемого материала, а также от его долговечности, паропроницаемости и пожарной безопасности. Настоящая работа посвящена исследованию и анализу различных типов утеплителей, используемых в системах вентилируемого фасада, с целью определения оптимального варианта с учётом климатических условий, экономических факторов и требований к экологичности.

В настоящее время рынок наполнен множеством предложений по утеплителю, наиболее доступными являются: минеральная вата, каменная вата, экструдированный пенополистирол.

Решение задачи по определению наиболее эффективного утеплителя сводится к сравнению трех вариантов:

- 1 вариант – минераловатная плита;
- 2 вариант – каменная вата;
- 3 вариант – экструдированный пенополистирол.

Особенности монтажа теплоизоляционной системы

Особенности монтажа теплоизоляционной системы с использованием минеральной ваты

Основание перед монтажом системы теплоизоляции необходимо подготовить. Неровности более 1 см на 2 метра должны быть выровнены специальными ремонтными составами, осыпающиеся части нужно обработать закрепляющей грунтовкой, большие фрагменты должны быть удалены механическим способом [1].

Перед монтажом первого теплоизоляционного ряда необходимо смонтировать цокольный профиль (рис. 1), данный фрагмент должен монтироваться на высоте не менее 60 см от поверхности земли. Расстояние между крепежом необходимо выдержать не более 30 см.





Рис. 1. Монтаж цокольного профиля на углах здания

После монтажа цокольного профиля необходимо загрунтовать поверхность, время высыхания грунтовки – не менее 4 часов при условии температуры наружного воздуха 20 градусов, влажности воздуха 65%.

Для достижения лучшей адгезии необходимо нанести предварительный слой клея на теплоизоляционную плиту по следующей схеме – клей наносится сплошной линией по периметру с отступом от края плиты на 2-3 см, также наносятся 5-6 точек диаметром 8-10 см (рис. 2).



Рис. 2. Нанесение клеевого состава на плиту

Первый ряд опирается на цокольный профиль, последующий опирается на предыдущий ряд. Излишки клея удаляются. Плиты монтируются с перевязкой швов, при этом в местах примыкания с оконными и дверными конструкциями швы не должны совпадать с линией откоса. Устройство откосов выполняется при помощи самоклеющегося профиля примыкания (рис. 3). Так как реконструируемое здание имеет длину фасада более 24 метров, необходимо предусмотреть термодинамические швы (рис. 4), устройство которого производится при помощи специального деформационного прямого либо углового профиля, для устройства которого теплоизоляционные плиты не стыкуются, ширина шва должна составлять 3-5 см.



Рис. 3. Монтаж профиля примыкания



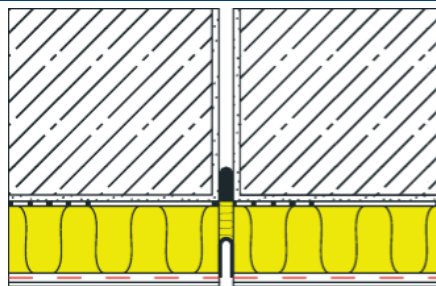


Рис. 4. Устройство термодинамического шва

Время засыхания клея составляет 3 суток, при этом вытягивающие усилия должны быть не менее 0,21 кН.

По истечении суток необходимо закрепить плиты механическим способом – дюбелями. Так как высота здания не более 16 м, количество дюбелей на одну плиту составляет 5. Глубина просверливания должна быть больше на 10-15 мм чем глубина анкеровки (рис. 5).

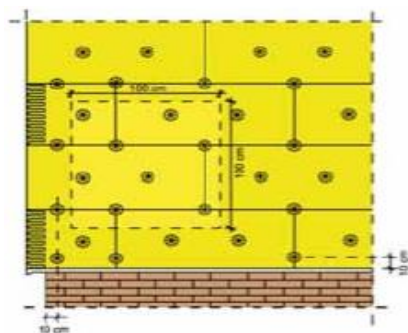


Рис. 5. Закрепление плит при помощи дюбелей

Особенности монтажа каменной ваты

Перед монтажом панелей необходимо очистить рабочую поверхность от разных загрязнений и веществ, понижающих адгезию, поврежденные участки кладки необходимо зафиксировать, выступающие кирпичи демонтировать. Плоскость должна быть ровная, перепад не должен быть больше 10 мм на 1 м. Ямы заполнить штукатурной смесью, металлические детали необходимо очистить от коррозии и обработать антикоррозионными составами [2].

Перед монтажом цокольного профиля необходимо выполнить разбивку, цокольный профиль запрещается монтировать внахлест, в места, в которых образуется яма, установить специальные прокладки необходимой толщины (рис. 6).



Рис. 6. Монтаж прокладок в местах ям



Для монтажа плит на поверхность с неровностями свыше 5 мм на 1 м необходимо применять маячковый метод (рис. 7), который заключается в нанесении клеевого раствора на плите по всей площади, а также по периметру и 3 точки в центре плиты. При неровностях менее 5 мм применяется сплошной метод (рис. 8), при котором вся поверхность плит покрывается раствором.



Рис. 7. Маячковый метод монтажа



Рис. 8. Сплошной метод монтажа

В случае, если после монтажа теплоизоляционных плит образовались щели более 2 мм, необходимо заполнить их тем же самым однородным материалом (рис. 9).



Рис. 9. Заделка щелей

На углах оконных и дверных проемов следует устанавливать теплоизоляционные плиты с угловым вырезом (рис. 10) таким образом, чтобы стыки швов с примыкающими плитами находились на расстоянии не менее 100 мм от угла проема.





Рис. 10. Утепление откосов

В случае, если оконные и дверные блоки утоплены по отношению к плоскости фасада, и необходимо утеплить откос, то сначала устанавливаются теплоизоляционные плиты основной плоскости фасада с необходимым напуском вовнутрь проема, а затем, подготовленные по размеру плиты утеплителя приклеиваются на откосы. Предварительно по периметру коробки должна быть наклеена уплотнительная полиуретановая лента или примыкающий профиль.

Выступающие неровности поверхности или несовпадения плоскостей соседних плит выравнивают шлифованием абразивными или металлическими терками. Падающую при выравнивании плит пыль следует тщательно удалить щеткой с поверхности приклеенных плит.

После монтажа на клеевую смесь необходимо закрепить минераловатные плиты на дюбеля типа грибок. Технология схожа с технологией закрепления каменной ваты.

Особенности монтажа экструдированного пенополистирола

Перед монтажом пенополистирола необходимо подготовить поверхность к монтажу (рис. 11): очистить от осыпающейся штукатурки, гвоздей, выпирающих частей, выровнять поверхность штукатурными составами, а также подготовить сами плиты, нанеся насечки при помощи ножовки по дереву, плотно проведя по обеим сторонам зубцами (рис. 12) [3].



Рис. 11. Очистка поверхности от загрязнений



Рис. 12. Нанесение насечек при помощи ножовки

Нижний ряд плит опирается на направляющий профиль.

Плиты необходимо клеить на специальный клеевой состав, который не содержит растворители, состав необходимо наносить точно, либо волнообразно. После нанесения клеевого раствора необходимо приложить к месту монтажа с небольшим смещением, затем с



надавливанием сдвинуть в проектное положение. Таким образом клеевой состав равномерно распределится под соприкасаемыми поверхностями, делая более прочное соединение с основанием.

Прежде чем закреплять механически при помощи дюбелей необходимо дождаться схватывания клеевого состава, проверка осуществляется вручную. Расход дюбелей составляет 4-5 шт/м², в угловых частях здания и по периметру проема необходимо увеличить расход до 8 шт/м².

После полного схватывания клеевого состава можно выполнить монтаж навесной системы.

Расчет оптимальной толщины утеплителя

Расчет выполнен для региона – Республика Мордовия, город Саранск.

Исходные данные [4]:

Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – -30°C.

Продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже или равной 8°C – 205 суток

$Z_{от.пер.} = 205$ сут.

Средняя температура периода со среднесуточной температурой воздуха ниже или равной 8°C – -4,3°C

$t_{от.пер.} = -4,3^{\circ}\text{C}$

В соответствии с ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные». Параметры микроклимата в помещениях:

$t_{в} = 21^{\circ}\text{C}$

$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от.пер.}) \cdot Z_{от.пер.} = (21 + 4,3) \cdot 205 = 5186,5 \frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}$

В соответствии с СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» таблица 3:

$a = 0,00035$; $b = 1,4$.

$$R_0^{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,00035 \cdot 5186,5 + 1,4 = 3,215 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \quad (1)$$

В соответствии с СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 таблица 4 [5]:

Коэффициент теплопередачи внутренней поверхности $\alpha_{в} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

В соответствии с СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 таблица 6:

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $\alpha_{н} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$

В соответствии с СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 таблица 1 (Влажностный режим помещений зданий):

При относительной влажности 55% и $t_{в} = 21^{\circ}\text{C}$ влажностный режим помещения – нормальный.

По приложению В п. Потьма – 2 зона – нормальная.

Условия эксплуатации в соответствии с СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 таблица 2 – Б

Утепление минеральной ватой

Таблица 1.

Теплотехнические характеристики наружных стен при утеплении минеральной ватой.

№п/п	Наименование	γ , кг/м ³	δ , мм	λ , Вт/м*°C
1	Утеплитель минераловатная плита	90	δ_1	0,04
2	Кирпич керамический утолщенный КР-р-пу 250x120x88/1,4НФ/150/1,4/100	1200	510	0,7
3	Штукатурка гипсовая	1000	15	0,19



$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H} = R_0^{\text{тр}} \quad (2)$$

$$\frac{1}{8,7} + \frac{\delta_1}{0,04} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,215 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (3)$$

$$\delta_3 = 0,09 \text{ м}$$

Принимаем $\delta_3 = 0,100 \text{ м}$

Определяем фактическое термическое сопротивление:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,47 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (4)$$

Определяем коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_0^{\text{тр}}} = \frac{1}{3,47} = 0,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad (5)$$

Исходя из приведенного выше теплотехнического расчета принимаем толщину утеплителя 100 мм, коэффициент теплопередачи $0,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

Утепление каменной ватой

Таблица 2.

Теплотехнические характеристики наружных стен при утеплении каменной ватой.

№п/п	Наименование	γ , кг/м ³	δ , мм	λ , Вт/м*°C
1	Утеплитель каменная вата	45	δ_1	0,039
2	Кирпич керамический утолщенный КР-р-пу 250x120x88/1,4НФ/150/1,4/100	1200	510	0,7
3	Штукатурка гипсовая	1000	15	0,19

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H} = R_0^{\text{тр}} \quad (6)$$

$$\frac{1}{8,7} + \frac{\delta_1}{0,039} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,215 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (7)$$

$$\delta_3 = 0,088 \text{ м}$$

Принимаем $\delta_3 = 0,100 \text{ м}$

Определяем фактическое термическое сопротивление:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,53 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (8)$$

Определяем коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_0^{\text{тр}}} = \frac{1}{3,53} = 0,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad (9)$$

Исходя из приведенного выше теплотехнического расчета принимаем толщину утеплителя 100 мм, коэффициент теплопередачи $0,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$.

Утепление экструдированным пенополистиролом

Таблица 3.

Теплотехнические характеристики наружных стен
при утеплении экструдированным пенополистиролом.

№п/п	Наименование	γ , кг/м ³	δ , мм	λ , Вт/м*°C
1	Утеплитель экструдированный пенополистирол	26	δ_1	0,034
2	Кирпич керамический утолщенный КР-р-пу 250x120x88/1,4НФ/150/1,4/100	1200	510	0,7
3	Штукатурка гипсовая	1000	15	0,19



$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H} = R_0^{\text{тр}} \quad (10)$$

$$\frac{1}{8,7} + \frac{\delta_1}{0,034} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,215 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (11)$$

$$\delta_3 = 0,076 \text{ м}$$

Принимаем $\delta_3 = 0,100 \text{ м}$

Определяем фактическое термическое сопротивление:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,034} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,015}{0,19} + \frac{1}{23} = 3,91 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (12)$$

Определяем коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{1}{R_0^{\text{тр}}} = \frac{1}{3,91} = 0,26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad (13)$$

Исходя из приведенного выше теплотехнического расчета принимаем толщину утеплителя 100 мм, коэффициент теплопередачи $0,26 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$.

Исходя из теплотехнических расчетов делаем вывод, что каждый вариант утепления имеет оптимальную толщину – 100 мм. По классу горючести только пенополистирол имеет класс Г4, остальные варианты имеют класс НГ. Основные отличия между вариантами утепления заключаются в кратковременном водопоглощении, паропроницаемости и плотности. Ниже приведены основные характеристики, влияющие на выбор утеплителя.

Таблица 4.

Сравнение основных показателей вариантов утепления.

	Минеральная вата	Каменная вата	Экструдированный пенополистирол
Расчетная толщина, мм	100	100	100
Теплопроводность, Вт/м ^{°C}	0,04	0,039	0,034
Паропроницаемость, мг/ (м ^{°C} *Па)	0,3	0,3	0,014
Горючесть	НГ	НГ	Г4
Кратковременное водопоглощение при частичном погружении, кг/м ² не более	1	1	0,2
Паропроницаемость, мг/ (м ^{°C} *Па)	0,3	0,3	0,011
Плотность, кг/м ³	90	45	26
Долговечность, лет	40	40	50
Стоимость квадратного метра, руб	658,00	576,58	937,39

Резюмируя вышесказанное и подводя итоги проведенного анализа можем сделать вывод, что минеральная вата является самым оптимальным видом утеплителя. По сравнению с экструдированным пенополистиролом минераловатные плиты имеют класс горючести НГ, что отвечает требованиям пожарной безопасности. По сравнению с каменной ватой минераловатные плиты стоят дороже, но опытным путем было выявлено, что количество конденсата на минеральной вате образуется на порядок меньше.

Список литературы:

1. РОКФАСАД. Теплоизоляция из каменной ваты для штукатурных фасадов. Инструкция по монтажу URL: https://shop.rwl.ru/media/brochures/ROCKFACADE_DIY_05_2021.pdf (Дата обращения: 15.04.2025);



2. Монтаж наружной теплоизоляции фасадов Ceresit URL: <https://www.pro-fasade.ru/upload/iblock/d51/d51df21a689e8904fc3b3732d007697d.PDF> (Дата обращения: 15.04.2025);

3. Технологическая карта. Устройство систем фасадных теплоизоляционных композиционных. URL: https://shop.tn.ru/media/brochures/file_1502.pdf (Дата обращения: 15.04.2025);

4. СП 131.13330.2020 Строительная климатология: актуализированная редакция СНиП 23-01-99*: утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 24.12.2020 № 895/пр: введен 25.06.2021. – Москва: Минстрой России, 2020.

5. СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий: актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 15.05.2024 № 327/пр: введен 16.06.2024. – Москва: Минстрой России, 2024.

