

Рис. 3. Двухслойная конструкция с внутренним утеплением

вываться требованиями нормативных документов, экономической целесообразностью и интересами государства.

Рекомендации, исходящие, в том числе и от государственных чиновников, не использовать отечественные

материалы в проектах, должны быть четко обоснованы нарушением проектировщиками конкретных пунктов нормативных документов, а не общими рассуждениями о "дышащих стенах" и тому подобных абстракциях, не поддающихся расчету и нормированию.

ПОЛЕМИКА

Евгений Сосунов, начальник бюро разработки и внедрения комплекса маркетинга ОАО "Гомельстекло"

Надежность систем наружного утепления

Настоящая статья, а также две последующие: "Недостатки полимерных утеплителей для изоляции кровель" и "Недостатки теплоизоляции из минеральной ваты для изоляции кровель" взяты из открытых источников в сети Интернет и являются примером того, что публикуется в строительной периодике Европейского Союза в отношении применения пеностекла, полимерных утеплителей и минеральной ваты. В связи с агрессивной кампанией, проводимой в Беларуси по дискредитации пеностекла в качестве теплоизоляционного строительного материала, ОАО "Гомельстекло" (отечественный производитель пеностекла) размещает данные материалы в качестве аргументов в ведущейся полемике.

Пеностекло – теплоизоляция, не создающая мостов холода при облицовке зданий. Достигается ощутимое уменьшение энергетических потерь, возникающих из-за мостов холода, образованных арматурой, поддерживающей облицовку стен. Пеностекло пригодно для отделки металлом, стеклом, керамикой, натуральным камнем, как в новом строительстве, так и при реконструкции.

Преимущества использования пеностекла при наружном утеплении зданий:

- экологичность и санитарная безопасность;
- негорючесть;
- экономичность;
- отсутствие капитальных ремонтов;
- длительный срок службы;
- ощутимое уменьшение расходов на отопление;
- простота установки.

Влияние ветра и влаги на теплопроводность теплоизоляции

Невозможно обеспечить достижение необходимого теплосопротивления наружного ограждения простым применением формулы $R = d/\lambda$ и добавлением теплосопротивлений остальных слоев многослойной строительной конструкции.

Большое влияние на получаемое значение теплосопро-

тивления имеет сила ветра, причем степень влияния определяется плотностью и структурой материала. Так, например, для минераловатной изоляции приводится значение теплопроводности λ , которое присуще ей в нормальных температурных условиях (сухих и непротравиваемых), а не в реальных условиях (возникающих, например, в вентилируемых фасадах).

Необходимо учитывать также климатические условия, меняющиеся в широком диапазоне. Во время затяжных дождей влага проникает сквозь отверстия в отделочном слое и воздействует на утеплитель. В зависимости от вида теплоизоляционного материала, давление ветра также может

увеличить количество поглощаемой влаги.

Влияние поглощенной влаги на величину теплопроводности – тема многих научных исследований. Известно, что один объемный процент влаги увеличивает вдвое теплопроводность минеральной ваты. Резкое возрастание теплопроводности минераловатных утеплителей в присутствии влаги надо отнести на счет водяного пара, а не обвинять в этом сам материал. И отсюда следует вывод, что водопоглощение изоляции не равно нулю. И в случае, если диффузия водяного пара должна быть исключена – применяют специальные средства, создающие паробарьер.

Производители минераловатных материалов рекомендуют: "Паробарьер должен быть полностью герметичным". Другими словами: "Если вы защитите изоляцию от намокания, она останется сухой". Комментарии излишни.

Какова же реальная теплопроводность минераловатного теплоизоляционного материала, в особенности, если он имеет открытую структуру и в течение многих лет подвергается воздействию не только повышенной влажности, но и отрицательных температур?

Недостаточная воздухопроницаемость изоляционных панелей и системы в целом, приводят к возникновению воздушных потоков сквозь и вокруг изоляционного материала. К тому же арматура, с помощью которой крепится облицовка, вызывает возникновение мостов холода. Оба эти

фактора приводят к огромным потерям тепла. Эти потери тепла сопровождаются риском насыщения утеплителя влагой, которая вызывает не только увеличение потерь на утепление, но также приводит к возникновению серьезных конструктивных проблем.

Можно утверждать, что, если здание строится для жилых целей, никогда не могут возникнуть следующие внутренние условия: 100% влажности воздуха при 50°C. Как же тогда объяснить те фотографии, где показана изоляция, пропитанная водой? Это, без сомнения, комбинированное влияние на влагопоглощение двух или даже трех факторов – воды в виде пара, жидкости или льда.

Водяной пар, попавший в любой водонепроницаемый теплоизоляционный материал, будет накапливаться там в любой из форм, в которой вода может существовать. Водяной пар – коварный агрессор, не зависимо от того, пренебрегают им или учитывают его в процессе конструирования. Сконденсированная влага стремится превратиться в водяной пар под воздействием тепла, создавая парциальное давление водяного пара. Иногда это давление будет достигать такого значения, что стенная конструкция (относительно проницаемая для водяного пара) для того чтобы уравновесить давление, начнет пропускать пар в промежутки между волокнами.

Если зимние холода настанут до того, как давление станет достаточным для того, чтобы удалить влагу из изоляционного слоя, дополнительный конденсат, вызванный заморозками, добавится к уже образованной жидкости, и тогда первоначальные значения теплопроводности материала, будут заменены производной набора следующих теплопроводностей:

1. λ = от 0,02 до 0,05 Вт/м К. В технической литературе указывают такое значение коэффициента теплопроводности минераловатного материала, которым он обладает в сухом состоянии;

2. $\lambda + \lambda$ водяного пара. Изоляция, содержащая водяной пар, не может далее считаться сухой. Если молекулы пара начинают соединяться, образуя капли, мы говорим о воде $\lambda + \lambda$ воды на волокнах = около 0,58 Вт/м К. Ниже 0°C капли начинают замерзать;

3. $\lambda + \lambda$ льда в материале = около 2,3 Вт/м К. Образуется **слой льда** в материале.

Таким образом, действительное значение теплопроводности такой изоляции состоит из теплопроводности различных веществ и оно постоянно изменяется, в зависимости от соотношения водяного пара, капель воды, инея и льда, которые образуются в материале.

Применение пеностекла исключает эти проблемы, в силу того, что оно непроницаемо для влаги. Воздух не может проходить сквозь него, а методы его крепления позволяют исключить появление мостов холода.

Характеристика системы утепления с пеностеклом

Высокое сопротивление сжатию

Пеностекло имеет высокое сопротивление сжатию. Материал не деформируется и поэтому может крепиться непосредственно на несущую стену, как при помощи клеевых смесей, так и при помощи средств механического крепления.

Воздухонепроницаемость

Утеплитель прикрепляется по краям к стене, обеспечивая тем самым отсутствие потока воздуха в местах соединения, либо за плитами. В зависимости от тех условий, которые существуют внутри здания, применяются либо укладка плит встык с сухими краями, либо плиты соединяются по краям герметично.

Применение пеностекла исключает всякие проблемы, обусловленные конвекцией воздуха, благодаря не только своей закрытой ячеистой структуре, но и тому, что вся его поверхность также непроницаема для воздуха.

Тепловые потери, возникающие от потоков воздуха, вызванных воздухопроницаемостью самого утеплителя, а также тем, что он соединен негерметично, не могут возникнуть при применении пеностекла.

Водонепроницаемость, отсутствие капиллярности

Наполнена ли стеклянная бутылка водой, либо она плавает по воде, и то и другое свидетельствует о водонепроницаемости стекла. Пеностекло также изготовлено из стекла и поэтому также водонепроницаемо. Вода не может пройти сквозь полностью замкнутые ячейки.

Водонепроницаемый теплоизоляционный материал образует слой гидроизоляции на случай, если верхний слой будет поврежден.

Водонепроницаемость пеностекла обеспечивает его применение не зависимо от существующих внешних климатических условий.

Не существует надежных средств, позволяющих исключить конденсацию в теплоизолированных конструкциях, за исключением пеностекла.

Стабильность размеров пеностекла

Теплицы изготавливаются из стекла. Они противостоят солнечным лучам летом и морозам зимой. Окна остаются на своих местах, они расширяются и сжимаются в очень небольшой степени, не коробятся и сохраняют свою форму.

Пеностекло также сделано из стекла и поэтому его размеры очень стабильны. Его коэффициент расширения ($9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) незначительно меньше, чем коэффициент расширения бетона ($1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) или стали ($12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). Эта близость значений гарантирует стабильность размеров пеностекла, уложенного в стальную или бетонную конструкцию. Стабильность его размеров также обеспечивает плотное прилегание и отсутствие зазоров.

Изоляционные материалы, размеры которых не стабильны, могут вызвать уменьшение эффективности изоляции по следующим двум причинам:

1. Движение (расширение или сжатие) изоляции может вызвать повреждение гидроизоляционного и отделочного слоев;

2. Из-за образований отверстий в местах соединений плит в зимнее время.

Пеностекло имеет постоянную величину теплопроводности

Измерительными лабораториями MPA\NRW (Германия) и Holometrix (США) были проведены замеры коэффициента теплопроводности пеностекла на образцах 20, 25 и 38 летней давности, взятых из строительных конструкций в Германии, США, Бельгии, и сравнены с результатами замеров при строительстве. Значения были с 5% достоверностью. Изменения коэффициента теплопроводности в пределах своих групп составили 2–4%.

Следовательно, можно считать, что первоначальный коэффициент теплопроводности остается неизменным и утверждать, что пеностекло имеет постоянную величину теплопроводности в течение всего срока службы здания!

Пеностекло устойчиво к воздействию гнили и химических веществ

В химических лабораториях пробирки, мензурки и другие емкости для химреактивов сделаны из стекла. Пеностекло также сделано из стекла, и поэтому оно устойчиво к воздействию практически всех химических веществ.

Даже, если растворитель разрушит поверхностный

слой конструкции, пеностекло, которое лежит под ним, не разрушится.

Даже если микроорганизмы проникнут сквозь поверхностный слой, они не найдут подходящей среды для своего развития в пеностекле.

Отсутствие мостов холода

Общеизвестно, что затраты энергии на отопление домов возрастают минимум на 25% из-за потерь в мостах холода, имеющих в вентилируемых фасадах.

Существуют несколько основных причин, приводящих к образованию мостов холода: недостаточная стабильность размеров, склонность элементов к деформации и сами крепежные детали вентфасада. Мосты холода возникают вдоль алюминиевых консолей и профилей, установленных по вертикали, а также в местах их крепления на фасаде.

Тепловое разделение профилей и несущей стены может быть достигнуто применением недеформирующегося материала пеностекла, на котором устанавливается система крепежа.

**ОАО "Гомельстекло" 247045, Гомель,
г. п. Костюковка, ул. Гомельская, д. 25
отдел сбыта: (+0232) 97 31 64, 97 00 80,
отдел маркетинга:
(+0232) 97 23 58, 55 30 87**

Недостатки полимерных утеплителей при теплоизоляции кровель*

Вспененные полимерные утеплители характеризуются:

- низкой стабильностью размеров;
- невозможностью герметичного соединения стыков;
- высоким значением коэффициента линейного расширения ($70 \cdot 10^{-6} 1/K$);
- проницаемостью для водяного пара, при одновременной низкой способности к его испарению.

Однако эти недостатки зачастую не принимаются во внимание при проектировании плоских крыш. Недостаточная стабильность размеров, свойственная полимерным утеплителям, обусловлена старением материалов даже в условиях постоянных значений температуры и влажности. Если же полимерные панели применяются для утепления крыши, они неизбежно подвергаются изменениям внешней среды, и тогда нестабильность размеров воздействует на гидроизоляцию, разрывая ее.

Высокое значение коэффициентов линейного расширения характерно для всех вспененных полимерных материалов. Если утеплитель устанавливался при температуре $+20^{\circ}C$, и стыки плотно прилегали друг к другу, то в холодную погоду, они открываются, образуя тем самым мосты холода. Образовавшиеся зазоры достигают ширины в 2,5 мм для панелей длиной 1,2 м и при градиенте температуры $30^{\circ}C$. Однако, летом крыши могут прогреваться и до $80^{\circ}C$, что приводит к удлинению панелей на 10 мм. Они начинают давить друг на друга, сдвигаться и вызывать повреждения кровли.

Обычно, чтобы избежать быстрых разрушений, рекомендуют укладывать свободнолежащую гидроизоляционную мембрану, покрытую слоем щебня. Такой балласт создает защиту и от солнечной радиации, и от расширения панелей под воздействием высоких температур. Если такая защита не предусмотрена, панели могут давать усадку и "мигрировать" от края крыши по направлению к ее центру. Таким образом, периметр крыши оказывается неутепленным. Свободноуложенная гидроизоляция также стягивается к центру крыши – натяжение на краях крыши так велико, что порой даже высокоэластичные гидроизоляционные мембраны не выдерживают нагрузки.

И, наконец, существует проблема конденсации влаги во вспененных полимерных утеплителях в конструкции

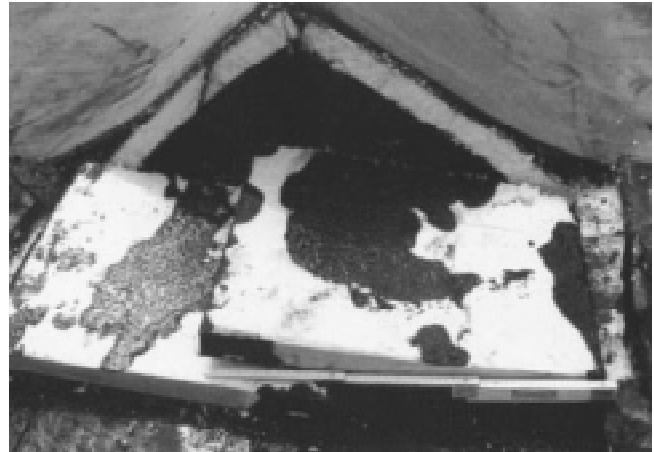


Рис. 1. Повреждения кровли, вызванные большим коэффициентом линейного расширения утеплителя



Рис. 2. Повреждение кровли из пенополистирольных плит

плоской крыши. Благодаря ячеистой структуре (до 75–95% закрытых пор) вспененные пластики практически водонепроницаемы, но паропроницаемы (сопротивление проникновения диффузии водяного пара $M = \text{от } 0,03 \text{ до } 0,07$). Водяной пар в таких системах проникает в ячейки, конденсируется и удерживается внутри ячейки. Это происходит с завидной регулярностью. В сочетании с эффектом всасывания (выдавливанию) наружного воздуха и пара, происходящего из-за разницы давлений, это приводит к тепловому дрейфу.

Для производства вспененных полимерных утеплителей применяются вспенивающие газы, такие как CFC, HCFC, пентан или CO_2 . При сходе с технологической линии ячейки не содержат воздуха и почти на 100% заполнены этими газами. После этого начинается очень медленный процесс диффузии: воздух поступает в ячейку, а газ удаляется. И когда все ячейки содержат воздух, а не вспенивающий газ, наступает динамическое равновесие. Продолжающееся старение полимерных материалов приводит к потере тепловой эффективности даже в сухих условиях, без изменений температуры и в условиях нормальной влажности. Это явление значительно уменьшает эффективность утеплителя. И, если не провести капитальный ремонт кровли с заменой утеплителя и паробарьера, то последствия могут оказаться губительными (течи в крыше, промерзание основания и, как следствие, его разрушение и т. д.). При этом, следует заметить, утеплитель не подлежит повторному использованию.

**) По материалам сети Интернет, публикуется на правах рекламы*

Недостатки теплоизоляции из минеральной ваты при утеплении кровель*

Главная причина повреждения таких кровель – насыщение утеплителя влагой. Это может происходить по трем причинам:

- внутренняя конденсация посредством диффузии водяного пара изнутри здания;
- конденсация пара из-за того, что крыша не является воздухопроницаемой (явление конвекции);
- проникновение влаги в утеплитель снаружи из-за повреждения гидроизоляции.

Первые две причины могут вызвать третью.

Внутренняя конденсация посредством диффузии водяного пара

Внутренняя конденсация – медленный и коварный процесс, его невозможно обнаружить, пока проблема не затронула конструкцию крыши. Когда внутренние и внешние условия температурно-влажностного режима сталкиваются друг с другом, процесс конденсации начинается. В основном, это происходит зимой, когда сопротивление проникновению пара в материал с теплой стороны утеплителя недостаточно.

Если для крепления утеплителя или гидроизоляционной мембраны применялся механический крепеж, нельзя рассчитывать, что паробарьер будет действенным. Отверстия для крепежа делают барьер неэффективным, крепеж будет корродировать, при этом будет происходить диффузия пара и его конденсация в утеплителе. Конденсация будет происходить постоянно, в крыше появится значительное количество конденсата – до 1 литра на 1 м². Даже летом невозможно удалить весь этот конденсат из утеплителя и это самым существенным образом сказывается на тепловой эффективности утеплителя.

Внутренняя конденсация посредством конвекции воздуха

Внутренняя конденсация посредством конвекции воздуха является куда более опасным процессом, чем конденсация из-за диффузии. Этот процесс происходит, как правило, тогда, когда конструкция крыши не является воздухопроницаемой, и чаще всего встречается в легких крышах, с применением системы металлических опор, в которых ни стальное, ни деревянное основание не является воздухопроницаемым. Применение паробарьера не является эффективным, поскольку малейший дефект гидроизоляции, либо отверстия, возникающие при механическом способе крепления, делают ее бесполезной.

Конвекция возникает в результате разряжения воздуха, вызываемого ветром – большое количество влажного воздуха изнутри здания (его количество достигает нескольких литров в час), вырывается наружу в виде ламинарного или турбулентного потока.

Минеральная вата пропускает воздух и поэтому конвекция может происходить внутри изоляционного слоя, уменьшая его тепловую эффективность. Вспененные полимерные материалы, напротив, являются воздухопроницаемыми и поэтому конвекция происходит в местах соединения панелей, уменьшая тепловые свойства утеплителя. Очевидно, что тепловое сопротивление, как минеральной ваты, так и вспененных полимерных материалов, резко падает.

Дополнительной проблемой является и то, что перемещающийся при конвекции воздух быстро остывает, вызывая при этом конденсацию пара. Условия, вызывающие

конвекцию, возникают чаще, чем условия, вызывающие диффузию пара. Поэтому этот процесс более распространен.

Теплый воздух и водяной пар поднимаются вверх, т. е. они легче, чем холодный воздух. И, поскольку, существует разница между внутренней и наружной температурой здания, конвекция происходит в направлении изнутри наружу. Воздух при этом быстро охлаждается и конденсируется. Если учесть все эти обстоятельства, то вопрос об эффективности изоляции остается открытым.

Проникновение воды, происходящее из-за повреждений гидроизоляции

Очевидно, что повреждение гидроизоляции повлечет за собой аварию всей конструкции крыши. Протекание воды внутрь здания, потеря теплового сопротивления конструкцией, коррозия металла (т. е. основания механического крепежа), гниение деревянного основания, повреждение мембраны корнями растений, выгибание и искривление теплоизоляционных панелей – все это является следствием использования водонепроницаемого утеплителя.

Влага полностью разрушает толщу утеплителя из минеральной ваты. В крышах с использованием полимерных вспененных утеплителей, вода растекается между плитами. Количество влаги увеличивается, а утеплитель при этом теряет свои механические и тепловые свойства. Такие повреждения могут быстро прогрессировать, а применение пароизоляции может только ухудшить ситуацию. Ее функция изначально: не допустить диффузии водяного пара изнутри здания. Попавшая в крышу вода не может найти выход вовнутрь здания и растекается по поверхности пленки.

Эти проблемы свойственны всем типам минераловатных утеплителей, а проблемы, возникающие при использовании стекловаты – еще серьезнее. Теоретически, конденсат, который появляется в утеплителе в течение зимы, может испариться летом при высокой температуре наружного воздуха. Испарение происходит в местах соединений листов кровельного покрытия (профнастила) и пробитых в нем отверстий (в местах механического крепления).

На практике, однако, происходит коррозия металла в местах механических соединений и разрушение профнастила. Повреждение профнастила приводит к дополнительному попаданию влаги в утеплитель, теплосопротивление которого при этом уменьшается. Это явление особенно интенсивно происходит зимой, именно тогда, когда утеплитель должен действовать наиболее эффективно.

При проектировании крыш необходимо также учитывать две очень важные характеристики утеплителя: стабильность его размеров и прочность на сжатие. Стабильность размеров и линейное расширение – это разные понятия. Значение линейного расширения для минеральной ваты нулевое, однако это не означает стабильности размеров, которое характеризует поведение материала при суммарном воздействии температуры и влаги. Общеизвестно, что плиты из минеральной ваты, даже самой высокой плотности, меняют свою форму под влиянием изменений окружающей среды – их первоначальная толщина значительно увеличивается.

В конструкции плоской крыши плиты из минеральной ваты должны обладать высокой прочностью на сжатие при 10% деформации. Достигнуть такой плотности можно путем увеличения количества волокон на 1 м³ и, соответственно, увеличением количества связующего. Под одновременным воздействием изменения температуры и влажности, связующее растворяется, что приводит к расслоению волокон. В итоге плиты разбухают и не могут принять первоначальную толщину.

Очевидно, что это в большей мере относится к плитам большой толщины. Именно такие плиты зачастую устанавли-



Рис. 3.
Расслоение минеральной ваты при намокании и разрушении связующего



Рис. 6. Коррозия крепежных элементов при креплении минеральной ваты к основанию крыши

ливают под предлогом того, что они лучше удовлетворяют строительным нормам.

С технической точки зрения происходит разбухание плит на 30–40% от первоначальной величины, что оказывает значительное воздействие на гидроизоляцию, уложенную сверху. И если для крепления были использованы механические фиксаторы, то их шляпки будут рвать как гидроизоляцию, так и утеплитель.

Кроме того, под воздействием повторяющихся нагрузок из-за потери связи между волокнами плиты из минеральной ваты высокой плотности теряют до 57% своей первоначальной прочности на сжатие. При растворении связующего, эта величина может достигать даже 96% (табл. 1).

Таблица 1

Образцы	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие при высушке из пропускания, кН/м ²	Прочность на сжатие после воздействия повторяющихся нагрузок (1000 раз), кН/м ²	Потери прочности, %	Усадка, мм
1	187	113	70	38	10
2	164	72	31	57	10
3 (влажный)	168	74	3	96	10
4	170	76	5	93	20
5	139	62	27	56	10

Данные (табл. 1) получены в результате испытаний, проведенных заводом-изготовителем минеральной ваты.

В то же время, в результате разбухания, плиты теряют свою прочность, гидроизоляция при этом оказывается на недостаточно прочном основании, что приводит к ее повреждениям. Одновременно уменьшается стойкость

кровли к расслоению и происходит отрыв гидроизоляции под воздействием порывов ветра.

Аналогичные разрушения происходят и в стекловолоконных утеплителях, однако, значительно быстрее. Плотность стекловолоконных плит, как правило, ниже, чем у минеральной ваты, меньше и прочность на сжатие. К тому



Рис. 5.
Основание из профнастила с уложенной минеральной ватой. Усадка теплоизоляции во впадинах профнастила из-за потери механической прочности



Рис. 6.
Прорыв гидроизоляции из-за потери прочности на сжатия минераловатных плит

же для склеивания стекловолокна требуется большее количество связующего.

Заключение

Существуют два фактора, приводящих к разрушению утеплителя:

- разбухание, обусловленное разъединением волоконной структуры, и разрушение гидроизоляции;
- потеря прочности на сжатие, усадка утеплителя и повреждение гидроизоляции.

Причиной обоих этих повреждений является влага, которая обусловлена диффузией или конвекцией пара, либо влага, проникающая через отверстия в гидроизоляции.

Замена утеплителя из минеральной ваты представляет значительные трудности как технического, так и экономического свойства. Вопреки распространенному мнению, минеральная вата не может быть использована вторично, как по причине потери механических свойств, так и из-за невозможности испарения набранной влаги.

Первоначально минераловатные плиты гидрофобны, но только до тех пор, пока в их структуре достаточно водоотталкивающих добавок. Однако они растворяются под воздействием окружающей среды. Иногда требуются годы для полного просушивания плит. Это можно осуществить, применяя специальные сушильные аппараты, однако, этот метод очень дорог, неэкологичен и может не дать нужного эффекта.

**) По материалам сети Интернет, публикуется на правах рекламы.*