

УДК 699.86

# ОБЛЕДЕНЕНИЕ НА КРОВЛЯХ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

**В.А. КУЗЬМИН**, аспирант, инженер-программист ИЦСА ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, ведущий инженер по инновациям ЗАО «Завод ЛИТ»

*Ключевые слова:* отражательная теплоизоляция, отражающая теплоизоляция, теплопередача, сопротивление, энергоэффективность, влага, теплопотери

*Keywords:* reflective insulation, thermal insulation materials, heat transfer, resistance, energy efficiency, moisture, heat losses

**Автор рассматривает основные преимущества применения отражательной теплоизоляции в конструкции кровель, отмечая, в частности, что допускается возможность ее использования в комбинации с воздушными прослойками, термическое сопротивление которых она позволяет увеличить в несколько раз, повышая сопротивление теплопередаче всей конструкции.**



Рис. 1. Образование льда на поверхности кровли

Несмотря на большое внимание к вопросам проектирования энергоэффективных решений, безопасности при эксплуатации кровельных конструкций, достижение требуемых норм в условиях климата РФ крайне сложно. Цена ошибки при неверном техническом решении в организации кровли, с точки зрения теплотехники, крайне высока и влечет следующие нежелательные последствия:

- нарушение внутреннего микроклимата здания (несоответствие санитарным нормам);
- повышение расхода тепловой энергии на отопление и кондиционирование [1, 2, 3, 4, 5];
- появление влаgekонденсации и влаgekоннопления на поверхностях, в узлах, внутри конструкций, что приводит к образованию плесени (грибков), снижению физико-механических свойств, несущей способности и опасности разрушения конструкции;

- возникновение протечек от естественных атмосферных осадков;
- снижение ветрозащиты и увеличение конвективной составляющей тепловых потерь;
- образование льда на наружных поверхностях в зимний период из-за таяния снега за счет тепловых потерь через ограждения кровель и узлов конструкции (рис. 1).

Не борьба со следствиями, а устранение причин данных явлений является правильным решением в вопросе проектирования кровли. Дополнительные ограничения на применяемые технологии накладывает стоимость мероприятий — точнее, их экономическая целесообразность.

Зачастую простое и правильно выбранное решение способно обеспечить долговечную безопасную эксплуатацию кровли, не требуя дополнительных вложений в конструкцию. Одним из таких решений является применение в конструкции кровли отражательной теплоизоляции. Применяемый материал, как правило, листовой, рулонный, обеспечивающий уменьшение (снижение) теплопотерь через ограждение за счет отражения лучистой составляющей теплового потока (рис. 2). Отражательная теплоизоляция выпускается на основе полированной алюминиевой фольги, комбинированной с различными материалами. Это может быть: полиэтилен, вспененный полиэтилен; стеклоткань и стеклоткань; ПВХ; спанбонд; бумага.



Рис. 2. Отражательная теплоизоляция

Отражательная теплоизоляция все шире используется в конструкциях ограждений в силу ее сравнительной доступности. Изучению свойств и преимуществ применения отражательной теплоизоляции в строительстве посвящено большое количество работ [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16]. Вопросы использования отражательной теплоизоляции в конструкциях кровли рассмотрены в публикациях [13, 17].

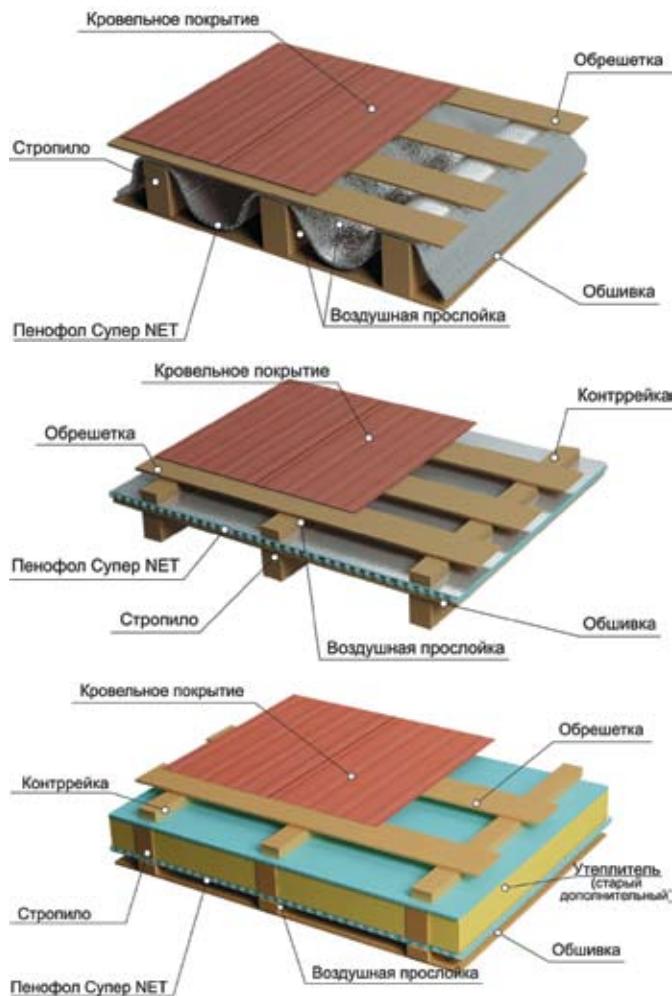


Рис. 3. Примеры конструкции скатной кровли с применением отражательной теплоизоляции

Основные преимущества применения отражательной теплоизоляции в конструкции кровель:

- возможность использования в комбинации с воздушными прослойками, термическое сопротивление которых она позволяет увеличить в несколько раз, повышая сопротивление теплопередаче всей конструкции;
- отражательная теплоизоляция обладает низким коэффициентом паропроницаемости (см. табл. 1), не более  $0,001 \text{ мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$ . Это позволяет применять ее в качестве пароизоляции, препятствующей попаданию диффузионной влаги из помещения в конструкцию кровли, тем самым оставляя волокнистый утеплитель (например, минеральную вату) сухим, значительно увеличивая его эффективность (увлажнение минваты на 2% приводит к увеличению ее теплопроводности на 16% (см. табл. 2);

- комбинированная и предварительно перфорированная фольгированная пленка (к примеру, АРМОФОЛ) может применяться в качестве пародиффузионной ветрозащитной мембраны, надежно защищая подкровельный волокнистый утеплитель от ветровых явлений, влаги, содержащейся в окружающем воздухе, перегрева от солнечного излучения в летний период, а также обеспечивая выход строительной влаги из конструкции, тем самым оставляя ее в сухом состоянии;

- материал на основе полированной алюминиевой фольги и вспененного полиэтилена (например, ПЕНОФОЛ) благодаря пористой основе (вспененный полиэтилен с пузырьками «захваченного» воздуха), на которую наносится металлическое покрытие – алюминиевая фольга, создает собственное термическое сопротивление дополнительно к термическому сопротивлению воздушной прослойки (см. табл. 3). Собственное термическое сопротивление при толщинах пористой основы  $\delta \approx 3\text{--}10 \text{ мм}$  составляет  $R_{\text{п}} = 0,1\text{--}0,3 \text{ м}^2\cdot\text{C}/\text{Вт}$ ;

- отражательная теплоизоляция благодаря использованию алюминиевой фольги с малой толщиной 10-20 мкм позволяет «сгладить» теплотехнические неоднородности на поверхностях конструкции, уменьшая вероятность появления «тепловых пятен», приводящих к конденсации влаги на отдельных элементах узлов;

- легкость конструкций с отражательной изоляцией позволяет применять ее без внесения дополнительных изменений, усиливающих конструктив и приводящих к удорожанию проекта кровли;



Рис. 4. Применение отражательной теплоизоляции в конструкции скатной кровли

Таблица 1. Составлена по данным таблицы Т1 «Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий» из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»

Теплоизоляционный материал	Паропроницаемость, мг/м·ч·Па
Вспененный полиэтилен	0,001
Пенополиуретан	0,05
Пенополистирол	0,05
Минеральная вата	0,32
Стеклянная вата	0,50

Таблица 2. Увеличение теплопроводности материалов в зависимости от увлажнения

Материал	Увлажнение, %	Увеличение влаги в 1 м <sup>3</sup> материала, кг	Увеличение теплопроводности материала, %	Предельно допустимое приращение влажности по массе, %
Кладка из силикатного кирпича	2	36	8,6	2
Железобетон	2	50	13,6	2
Минераловатные плиты и маты (плотность 150 кг/м <sup>3</sup> )	2	3	16,2	3
Пенополистирол (плотность 25 кг/м <sup>3</sup> )	2	0,5	5,5	25

Таблица 3. По данным таблицы 1 «Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек без отражательной теплоизоляции» ГОСТ Р 56734-2015 «Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражательной теплоизоляцией»

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной, м <sup>2</sup> С/Вт при температуре воздуха в прослойке	
	положительной	отрицательной
	0,01	0,13
0,02	0,14	0,15
0,03	0,14	0,16
0,05	0,14	0,17
0,1	0,15	0,18
0,15	0,15	0,18
0,2-0,3	0,15	0,19

• срок службы отражательной теплоизоляции без изменения характеристик и свойств равен сроку эксплуатации кровельной конструкции.

Примеры использования отражательной теплоизоляции в конструкциях скатной кровли с одним или двумя вентиляционными зазорами представлены на рис. 3 и 4.

В случае плоской кровли отражательную теплоизоляцию можно применять в качестве парозащитного барьера между зданием и конструкцией кровли (плитой).

Порядок применения технологии утепления с использованием отражательной теплоизоляции, а также методики расчета теплотехнических свойств конструкций представлены в нормативно-технической документации СП 17.13330.2011 «Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76», СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». Кроме того, с 1 июня 2016 г. в действие вступил ГОСТ Р 56734-2015 «Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражательной теплоизоляцией».

Автоматизация процесса теплотехнического расчета и проектирования с учетом влагопереноса, сопротивления паропроницаемости материалов, применения воздушных прослоек с покрытиями из алюминиевой фольги реализована в сертифицированном пакете прикладных программ «LIT THERMO ENGINEER. Ограждающие

конструкции» (Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2014617857).

Дополнительно научно-исследовательскими институтами РААСН при участии производителей отражательной теплоизоляции разработаны альбомы технических решений с примерами и детальными чертежами узлов конструкций кровель, например «Альбом технических решений по применению отражающей изоляции ПЕНОФОЛ и АРМОФОЛ» (разработчик – ОАО «ЦНИИПромзданий»), «Альбом технических решений по применению отражающей изоляции ПЕНОФОЛ» (разработчик – ОАО «Киевпроект», Украина).

Отражательная теплоизоляция активно применяется в конструкциях кровель по всему миру, в частности в Америке и Европе. Интересные разработки в этой области предложены производителями из Бельгии. Продукт, поставляющийся в РФ, представляет собой многослойный дублированный четырьмя слоями алюминиевой фольги полимерный теплогидроизоляционный материал на основе двух слоев полипропиленовой воздушно-пузырьковой пленки, разделенных между собой алюминиевой фольгой и слоем вспененного полиэтилена. Специалистами отечественных производственных компаний, в частности ЗАО «Завод ЛИТ» (Ярославская область, г. Переславль-Залесский) разработан и рекомендуется к применению в рамках государственной задачи по импортозамещению альтернативный теплогидроизоляционный многослойный полимерный материал «ПЕНОФОЛ КВАТРО» (рис. 5), изготовленный на основе вспененного полиэтилена, разделенного четырьмя слоями алюминиевой фольги, и имеющий термическое сопротивление

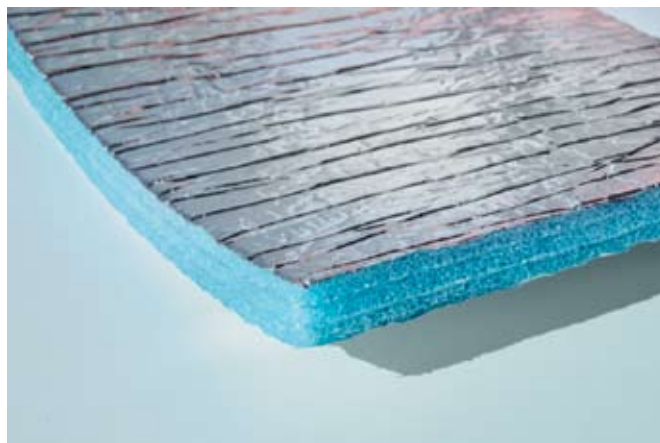


Рис. 5. Многослойная отражательная теплоизоляция «ПЕНОФОЛ КВАТРО»





Рис. 6. Сертификат решения об одобрении технологии теплоизоляции скатов кровли с применением материала «ПЕНОФОЛ КВАТРО» научно-техническим советом в сфере жилищно-коммунального хозяйства Санкт-Петербурга

0,37 м<sup>2</sup>·°С/Вт (протокол испытаний №01-43/43010 от 12 августа 2015 г. ФГБУ НИИСФ РААСН). Физический принцип работы этих материалов одинаков, основывается на снижении теплового потока посредством исключения излучательной составляющей за счет отражающих и низкоэмиссионных свойств полированной алюминиевой фольги, а также собственного термического сопротивления. При равных условиях, исключая из процесса теплопереноса излучательную составляющую, более высокое (на 42%) термическое сопротивление материала «ПЕНОФОЛ КВАТРО» позволяет повысить эффективность применяемого технического решения по утеплению кровли.

Технология теплоизоляции скатов кровли с применением материала «ПЕНОФОЛ КВАТРО» одобрена решением научно-технического совета в сфере ЖКХ Санкт-Петербурга (рис. 6) и успешно применена в соответствии с Альбомом технических решений «Крыши скатные с металлической кровлей. Технические решения по капитальному и текущему ремонту». Серия 1.160.2-КР-1\* ОАО «ЛенжилНИИ-проект», г. Санкт-Петербург.

Применение отражательной теплоизоляции при строительстве и капитальном ремонте кровель позволяет достигнуть необходимых температурно-влажностных режимов, высоких показателей экономии тепловой энергии, а также

обеспечить дополнительную защиту от обледенения в течение всего срока эксплуатации кровли.

#### Библиографический список

1. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Об оценке энергетической эффективности энергосберегающих мероприятий // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад, №2, 2014, с. 26-29.
2. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // Научно-технический и производственный журнал «Жилищное строительство», №6, 2014, с. 3-7.
3. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // Строительные материалы, №6, 2013, с. 14-16.
4. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы, №6, 2013, с. 7-9.
5. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство, №8, 2011, с. 2-6.
6. Кузьмин В.А., Умнякова Н.П. Применение отражательной теплоизоляции в многослойных панелях с эффектом многократного отражения теплового потока // Жилищное строительство, №6, 2016, с. 21-24. ISSN 0044-4472.
7. Кузьмин В.А., Шабанин Д.А., Цирлин А.М., Цыганков В.М., Ахременков А.А. Технико-экономическое сравнение методов экономии энергии за счет утепления зданий // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, № 9-10, 2014, с. 82-90.
8. Кузьмин В.А., Шабанин Д.А., Цирлин А.М. Математическое и компьютерное моделирование температурного и влажностного режима ограждений в строительстве // Статья из сборника – XVIII ежегодная молодежная научно-практическая конференция «Научное развитие информационных технологий» (SIT-2014), с. 43-59.
9. Кузьмин В.А., Ахременков А.А., Цирлин А.М., Цыганков В.М. Энергетическая эффективность покрытия внутренней поверхности помещений отражательной теплоизоляцией // Строительные материалы, №12, 2013, с. 65-67.
10. Умнякова Н.П. Теплозащита замкнутых воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией // Жилищное строительство, № 1-2, 2014, с. 16-20.
11. Умнякова Н.П. Теплопередача через ограждающие конструкции с учетом коэффициентов излучения внутренних поверхностей помещения // Жилищное строительство, №6, 2014, с. 14-17.
12. Умнякова Н.П. Снижение теплопотерь поверхности радиаторной стенки // Жилищное строительство, №2, 2015, с. 21-24.
13. Мананков В.М. Утепление кровли // Все о ЖКХ, №3, 2011, с. 38-39.
14. Мананков В.М. Отражающая теплоизоляция в энергосберегающем строительстве // Все о ЖКХ, №2, 2011, с. 57-59.
15. Андреев Д.А., Могутов В.А. Теплотехнические характеристики многослойных ограждающих конструкций со слоями отражающей изоляции // Сборник трудов НИИСФ, 2002, с. 139-146.
16. Андреев Д.А., Могутов В.А., Цирлин А.М. Выбор расположения слоев ограждающей конструкции с учетом предотвращения внутренней конденсации // Строительные материалы, №12, 2001, с. 42-45.
17. Амлеева И.А., Батраков А.Н. Олефол® – комплексное решение ветрозащиты и пароотведения в крышах // Строительные материалы, №3, 2005, с. 32-33.