

Научно-технический журнал Вестник МГСУ

ПЕРИОДИЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

№3/2011

Т. 1

Москва

Научно-технический журнал Вестник МГСУ, №3. Т.1. 2011.

Периодическое научное издание. Москва, МГСУ.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-21435 от 30 июня 2005 г.

Редакционная коллегия:

Главный редактор – ректор МГСУ, акад. РААСН, д.т.н., проф. – **В.И. Теличенко**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, чл.- корр. РААСН, д.т.н., проф. – **Е.А. Король**; зам. главного редактора – советник ректора МГСУ, д.ф.-м.н., проф. – **М.В. Самохин**; зам. главного редактора – проф., к.т.н. **Н.С. Никитина**; отв. секретарь – академик РАЕН, проф., д.т.н. **А.Д. Потапов**; редактор – **Е.Н. Аникина**; верстка – **Д.А. Матвеев**.

Ответственные за выпуск: к.т.н., проф. – **И.Л. Шубин**, к.т.н. – **Н.П. Умнякова**

Редакционный совет:

Теличенко В.И. (председатель), *Амбарцумян С.А.*, *Егорычев О.О.*, *Баженов Ю.М.*, *Дмитриев А.Н.*, *Король Е.А.* (зам.председателя), *Кошман Н.П.*, *Круглик С.И.*, *Никитина Н.С.* (зам. председателя), *Николаев С.В.*, *Маклакова Т.Г.*, *Мэрфи Анжела* (Университет Центрального Ланкашира, Англия), *Паль Ян Петер* (Технический Университет Берлина, ФРГ), *У Хой* (Пекинский Университет строительства и архитектуры, Китай), *Ян Буйнак* (Университет Жилина, Словакия), *Бегларян А.Г.* (Ереванский государственный университет архитектуры и строительства, Армения), *Потапов А.Д.* (отв. секретарь), *Пунырев Е.И.*, *Самохин М.В.* (зам.председателя), *Сидоров В.Н.*, *Тер-Мартirosян З.Г.*, *Травуш В.И.*, *Чунюк Д.Ю.* (зам. отв. секретаря)

Список рецензентов:

д.т.н., проф. – *В.В. Гурьев*, чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф. – *В.И. Римшин*, д.т.н., проф. – *П.Н. Умняков*

Адрес редакции:

129337, Москва, Ярославское ш. 26. МГСУ, Тел. +7 (499) 183-56-83,
Факс +7 (499) 183-56-83
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru>, Электронная версия
<http://www.mgsu.ru>

Подписано в печать 15.06.11

Все материалы номера являются собственностью редакции, перепечатка или воспроизведение их любым способом полностью или по частям допускается только с письменного разрешения редакции.

Распространяется только по подписке

ISSN 1997-0935

© «Вестник МГСУ», 2011

УВАЖАЕМЫЕ ДРУЗЬЯ И КОЛЛЕГИ!

Ежегодно, в начале июля, Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук и Московский государственный строительный университет совместно проводят Академические чтения, посвященные памяти академика РААСН Г.Л. Осипова «Актуальные вопросы строительной физики - энергосбережение и экологическая безопасность».

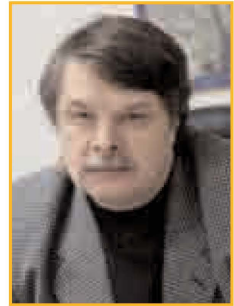
2011 год – знаменательный для нас. Мы отмечаем 90-летие МГСУ и 55-летие НИИСФ РААСН. На протяжении долгих лет совместного сотрудничества ученые наших организаций вносили достойный вклад в становление и развитие отечественной строительной науки.

Деятельность директора НИИСФ РААСН Георгия Львовича Осипова, основоположника направления строительная акустика в СССР и РФ, лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки и техники СССР, академика РААСН, профессора, доктора технических наук, является примером такого сотрудничества.

Сегодня мы находим возможности в третий раз пригласить для участия в этом научном мероприятии ученых, преподавателей высших учебных заведений, специалистов, работающих в строительной отрасли, для обмена полученными за прошедший год научными знаниями и достижениями в области строительной физики.

Тема Академических чтений в 2011 году традиционно посвящена двум актуальнейшим проблемам - энергосбережению и экологии. Решение этих проблем для нашей страны будет настоящим прорывом, который позволит сохранить нашу планету и дать возможность человеку жить в комфортных условиях.

Участие в Академических чтениях, посвященных памяти академика РААСН Г.Л. Осипова, молодых ученых, аспирантов и студентов мы считаем нашей главной задачей – привлекать талантливую молодежь к научной деятельности, поощрять их творческий труд и, таким образом, внести малую долю в подготовку достойного будущего российской науки.



Директор НИИСФ РААСН
И.Л. Шубин

Ректор МГСУ
В.И. Теличенко

ОТРАЖАЮЩАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

REFLECTIVE INSULATION IN ENERGY EFFICIENT CONSTRUCION

В.М. Мананков
V.M. Manankov

ЗАО «Завод «ЛИТ»

Теплоизоляция – ключевой элемент стратегии энергоэффективности в строительстве. Энергоэффективность зданий признается в качестве важнейшего инструмента, влияющего на мировой энергетический рынок. Один из основных путей повышения энергоэффективности зданий – применение современных, высокоэффективных, долговечных и дешевых теплоизоляционных материалов. Одним из перспективных направлений энергосбережения является отражающая теплоизоляция. Идея отражающей изоляции не нова, но в полной мере она не была реализована. В настоящей статье рассматриваются физические основы работы этого теплоизоляционного материала и дается обоснование целесообразности его использования для тепловой защиты зданий и сооружений.

Thermal insulation is the key factor of the strategy in energy efficiency in construction. Energy efficiency of the buildings is considered the most significant instrument influencing the world energy market. One of the primary ways of improving the energy efficiency of buildings – application of modern, highly efficient, durable and affordable thermal insulation materials. One of the sophisticated trends in energy savings is certainly reflective insulation. The idea of reflective insulation is not that new, but it has been that widely used. The present article describes the physical basics of that thermal insulation material and the advantages and benefits of its application for thermal protection of buildings in construction.

Актуальность энергосбережения и экономия первичных энергоресурсов не вызывает сомнений. Основным приоритетным направлением экономического развития РФ является энергосбережение. Почему? Чтобы уменьшить потребление энергии и нагрузку на экономику, остановить глобальное изменение климата и минимизировать истощение природного топлива. Наиболее энергопотребляемым сектором в развитых странах является строительство – 40 - 50% всей энергии. 40 – 60 % этой энергии является тепловой энергией. Первым шагом к энергосбережению в строительстве стало введение новых (превышающих “старые” в 3 раза) адекватных нормативов на теплоизоляцию. Парламентом и Советом ЕС разработан пакет законов, предназначенных для стандартизации в этих странах строительных нормативов по повышению энергоэффективности зданий. Главная цель этих законов – существенное снижение потребления первичной энергии в зданиях (до 30%) по сравнению с ранее существующими нормами. В этих новых нормативах мероприятия по энергосбережению в отопительных системах и системах теплоснабжения приравниваются к мероприятиям по сбережению энергии тепловой защитой здания. В настоящее время Российские территориальные строительные нормы по энергоэффективности зданий также корректируются в

соответствии с нормами европейской стандартизации. Ранее, предписывающий подход рациональной тепловой защиты зданий, приводящий к неэффективному расходу энергетических ресурсов на поддержание необходимых параметров микроклимата, был продиктован большими их запасами и отсутствием высокоэффективных теплоизоляционных материалов (ТИМ). Это привело к тому, что фонд жилых и общественных зданий, построенных в России до 1995 – 2000 г.г., с точки зрения энергопользования, в настоящее время является крайне неэффективным. Новые европейские нормативы устанавливаются по суммарной потребности в первичной энергии на отопление и горячее водоснабжение. Значения первичной удельной потребности в энергии в зависимости от коэффициента компактности (0.2 – 1) для вновь возводимых зданий с температурой внутреннего воздуха 19 °С должны быть в пределах от 68 до 142 кВт ч /м² год (на горячее водоснабжение 12.5 кВт ч/м²год). Нормативы РФ также корректируются в соответствии с нормами европейской стандартизации. Минимум энергетических затрат первичных энергоресурсов является основой для выбора рационального уровня теплозащиты ограждающей конструкции (ОК) и расхода топлива при их эксплуатации за срок службы здания при обеспечении в помещении комфортных условий. Такой подход позволяет проектировщику и заказчику достигать единого уровня энергопотребления здания за счет наиболее предпочтительных мероприятий по энергосбережению и в конкретных проектах даже снижать величину термического сопротивления ОК, по сравнению с предписываемыми нормативами.

Опыт ряда стран по реновации существующих зданий показывает, что максимальная эффективность мероприятий по энергосбережению достигается в том случае, если проектные решения опираются на следующие принципы: комплексность (технический), оптимальность (экономический) и сбалансированность (экологический). Первые два принципа это своего рода технико-экономическое обоснование мероприятий по энергосбережению. Для выбора оптимальных решений применяется статический (срок окупаемости инвестиций) и динамический (прибыль от инвестиций) критерий оценки инвестиционных решений. Третий принцип относится к экологии и должен учитывать влияние здания на окружающую среду. Из-за присутствия “человеческого фактора” часто интересы инвесторов (максимальная прибыль), потребителей (стоимость жилья) и общественный интерес государства (коммунальные услуги, благосостояние людей) противоречивы. Правильному выбору оптимального решения в значительной степени способствует детальный мониторинг и аудит энергосберегающих мероприятий. Если мониторинг какого-то типа объектов показывает, что какие-то мероприятия, например, утепление стен снаружи, экономически не эффективны из-за короткого срока службы по сравнению со сроком окупаемости, то в этом случае для оценки необходимо применять критерии двойной выгоды – энергосбережения и восстановления (обновления) физического состояния здания.

Новые энергосберегающие нормативы по удельному энергопотреблению ставят перед проектировщиками наисложнейшую задачу оптимального выбора эффективной теплоизоляции. В настоящее время активно внедряются технология навесных вентилируемых фасадов и системы фасадной теплоизоляции “мокрого” или “скрепленного” типа с тонким штукатурным слоем. Основным недостатком вентилируемых фасадов считается высокая начальная стоимость. Однако, оба способа, использующие, как правило, стекло- и минеральную вату или пенополистирол в качестве теплоизоляции, требуют надежных испытаний их на долговечность в климатических условиях эксплуатации в России. Поэтому в последние годы интенсивно ведутся работы по совершенствованию традиционных и поиску новых высокоэффективных теплоизоляцион-

ных материалов. В развитых странах также экологический фактор приобретает все большее значение в энергосберегающем строительстве. Одним из экологически перспективных направлений энергосбережения является отражающая теплоизоляция. Следует отметить, что хотя идея отражающей изоляции не нова, в полной мере она не была реализована. В последнее время ее реализация стала возможна благодаря успехам в развитии технологии вспененных полимеров и высокочистых (99.7%) тонких металлических пленок.

Отражающая теплоизоляция (ОТИ) объединяет высокие теплоизолирующие свойства замкнутого воздушного пространства с высокой теплоотражающей способностью (более 90%) металлов (алюминий и др.), являясь тем самым уникальным технологическим продуктом, который останавливает тепло на всех трех путях его распространения от "горячего" тела к "холодному": теплопроводность, конвекция и тепловое излучение.

ОТИ – технологический продукт с измеряемой величиной термического сопротивления R , $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$, состоящий из замкнутого воздушного пространства, заключенного между двумя протяженными параллельными поверхностями, одна или обе из которых покрыты высокоотражающим слоем (алюминиевая фольга) с коэффициентом отражения более 0.9 в микроволновом диапазоне длин волн 1 – 50 мкм. Тепловой поток через воздушную прослойку (ВП) путем излучения при перепадах температур 5 – 100 °С составляет 50 – 80% общего теплового потока

$$Q_0 = Q_t + Q_c + Q_r, \quad (1)$$

где $Q_t = \lambda(dT/dx)S$ – тепловой поток путем теплопроводности, Вт,

λ – коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$, (dT/dx) – градиент температур в направлении x , $\text{К}/\text{м}$, S – площадь поверхности, м^2 ,

$Q_c = \alpha_c(T - T_e)S$ – тепловой поток путем конвекции, Вт, α_c – коэффициент конвективного теплообмена, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$, T и T_e – температура поверхности и окружающей среды, соответственно,

$$Q_r = \sigma_0 \epsilon_{\text{пр}}(T_1^4 - T_2^4)S \text{ – тепловой поток путем излучения, Вт,}$$

$\sigma_0 = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}^4$ – постоянная Стефана - Больцмана, $\epsilon_{\text{пр}} = (1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1)^{-1}$ – приведенная излучательная способность, T_1 и T_2 – температура "теплой" и "холодной" поверхности ВП, соответственно, К, ϵ_1 и ϵ_2 – излучательная способность теплой и холодной поверхности ВП, соответственно, S – площадь поверхности, м^2 . Излучательная способность наиболее часто используемых материалов в строительстве приведена в таблице 1 [1].

Таблица 1.

НАИМЕНОВАНИЕ МАТЕРИАЛА	ИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ
Алюминиевая фольга	0.02 0.03
Алюминиевый сплав, матовая поверхность	0.06
Серебро	0.02
Сталь (полированная)	0.12
Сталь (оцинкованная)	0.28

Стекло	0.94
Бетон	0.85 0.95
Известняк	0.36 - 0.9
Мрамор	0.93
Краска белая и черная	0.80 0.91
Бумага	0.92
Штукатурка	0.91 0.94
Асфальт	0.90 0.98
Кирпич	0.93
Дерево	0.90

В прерывании излучательной составляющей общего теплового потока и низкой теплопроводности воздуха, главным образом, и заключается теплоизоляционная эффективность (термическое сопротивление $R = \Delta T/S/Q_0$) ОТИ. Кроме того, материал основы с низкой теплопроводностью менее 0.05 Вт/м·К, которая покрывается высокоотражающим слоем, создает дополнительное термическое сопротивление. Наилучшим способом, останавливающим тепловое излучение, является его отражение (или уменьшение излучательной способности поверхности излучаемого тела). Высокочистая (99.7 – 99.9%) алюминиевая фольга, как раз и обладает таким свойством – имеет высокую отражательную (95 – 97%) и низкую излучательную (3 – 5%) способности. Поскольку ОТИ устанавливается с воздушным зазором, чтобы отражать тепловое излучение, ее термическое сопротивление определяется условиями установочной системы, которая включает термическое сопротивление этих воздушных зазоров. Для обеспечения соответствующего функционирования ОТИ после ее установки, необходимо присутствие в ее составе воздушного пространства. Прослойки воздуха, составляющие систему ОТИ с измеряемой величиной R не должны вентилироваться. Соответствующие показатели R не будут достигнуты, если продукт ОТИ установлен не в соответствии с инструкциями производителя. Поэтому в конструктивных вариантах применения ОТИ следует различать случаи замкнутого и открытого (вентилируемого) воздушных пространств. В случае замкнутой воздушной прослойки (ЗВП) теплоперенос теплопроводностью также считается основным, а свободная конвекция учитывается коэффициентом естественной конвекции. При этом полный теплообмен является излучательно – конвективным. В случае открытого воздушного пространства (тепловой экран (ТЭ)) теплоперенос конвекцией является основным, а излучение учитывается полным коэффициентом теплопередачи. Здесь важно помнить, что хотя тепловой экран и влияет на теплообмен внутри здания (теплопотери), он не является теплоизоляционным материалом как таковым и не обладает постоянным числом R. При этом в обоих случаях и ЗВП и ТЭ полная теплопередача является излучательно-конвективной. Относительный вклад каждого из путей теплопередачи зависит от многих параметров: температуры, излучательной способности, скорости воздушных потоков, размеров, направления тепловых потоков и т.д. Многопараметрическая задача приводит к сложным и громоздким системам уравнений, точность решения которых едва ли оправдывается характером самой задачи. В то же время, при проектировании тепловой защиты зданий возникает необходимость принятия оптимальных решений, которые зависят от этих многих параметров. Поэтому разработаны различные (как правило, с привлечением критериальных уравнений) методы приближенного расчета сопротивления теплопередачи систем, использующих ОТИ: ОК, панели, трубопроводы и т. д. .

Приближенно сопротивление теплопередачи одиночного отражающего ЗВП, ограниченного параллельными поверхностями и расположенного перпендикулярно направлению теплового потока, может быть рассчитано с использованием уравнений:

$$R = \Delta T S / Q_0 = (\alpha_r + \alpha_c)^{-1} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\text{сп}} = (1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)^{-1} \quad (3)$$

$$\alpha_r = 0.23 \varepsilon_{\text{сп}} (T_m / 100)^3 \quad (4)$$

где ΔT – перепад температур на ВП, T_m – средняя температура в ВП, остальные обозначения как и в формуле (1). В общем случае средний коэффициент конвективного теплообмена α_c определяется из критериального уравнения $Nu = k(GrPr)^n$, где число Нуссельта $Nu = \alpha_c L / \lambda$ – безразмерный коэффициент теплоотдачи, L – определяющий размер, k и n – коэффициенты, Gr – число Грасгофа есть отношение подъемной силы и сил вязкости в неизотермическом потоке, Pr – число Прандтля характеризует режим движения среды при свободной конвекции. Для ЗВП теплоперенос характеризуется эффективной теплопроводностью $\lambda_{\text{эф}} / \lambda = 0.18(GrPr)^{0.25}$ [1]. Величина $\lambda_{\text{эф}}$ может быть также определена из таблицы, составленной проф. М.А. Михеевым [2]. Рассчитанные по уравнениям (2) - (4) зависимости термического сопротивления ЗВП от толщины ВП показаны на рис.1. Зависимость R от толщины для массивной теплоизоляции с $\lambda_m = 0.05 \text{ Вт/м К}$ (пунктирная линия) показывает, что отражающие ЗВП толщиной более 3 – 5 см не рациональны.

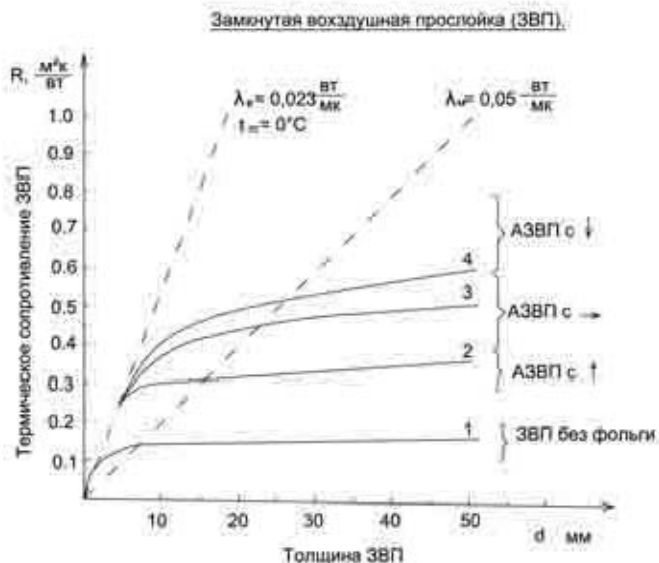


Рис. 1. Зависимость термического сопротивления ЗВП от толщины ВП при горизонтальном тепловом потоке при перепадах температур $\Delta T = 10 \text{ К}$ (3 - 2) и $\Delta T = 5 \text{ К}$ (4 - 3) и излучательной способности $\varepsilon_1 = 0.91$ и $\varepsilon_2 = 0.04$. Кривая 1 – ЗВП без фольги (отражающего слоя)

Расчетные значения термического сопротивления одиночных отражающих ЗВП получили экспериментальные подтверждения в различных испытательных лабораториях а также в натурных испытаниях, проведенных П.Н. Умяковым [3]. Величины термического сопротивления отражающих ЗВП толщиной 10 – 30 мм и при излучательной способности фольги $\varepsilon < 0.1$ составляют $R = 0.4 - 0.6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ в зависимости от направления теплового потока.

Общее сопротивление передачи ОТИ зависит от размера и количества одиночных отражающих ВП. Эффективные системы ОТИ содержат до пяти ЗВП. Если основа, на которую нанесен отражающий слой, обладает термосопротивлением, то оно добавляется к термосопротивлению, которое обеспечивается за счет отражающих ЗВП. Термическое сопротивление через n отражающих ВП определится по формуле:

$$R_{0n} = R_1 + \dots + R_n + R_{\text{осн}} \quad (5).$$

Термическое сопротивление ОТИ, состоящей из двухстороннего фольгированного Пенофола типа В толщиной 4 – 5 мм и двух прилегающих ЗВП толщиной 10 – 20 мм каждая, составит величину $R_{\text{эп}} \approx 1.0 - 1.1 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. Такой системе ОТИ соответствуют эффективные массивные теплоизоляторы с $\lambda_m = 0.05 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ и толщиной $d_m = 50 - 55 \text{ мм}$.

Такая эффективность ОТИ по величине R сравнима, а учитывая и другие критерии выбора теплоизоляционных материалов (ТИМ), может превосходить наиболее эффективные на данный момент ТИМ – пенополиуретан и экструдированный пенополистирол. Сама по себе величина R не является исчерпывающей при выборе ТИМ – она может быть достигнута толщиной любым ТИМ – наиболее важным фактором становятся долговечность ТИМ и технологичность. Долговечность традиционных ТИМ не более 10 – 20 лет в зависимости от региона. Именно по истечении этого срока придется производить замену утеплителя, в то время как несущие конструкции, на которые он устанавливаются, имеют срок службы 70 – 100 лет. Основные риски деградации ОТИ связаны с чувствительностью отражательной способности алюминиевой фольги к накоплению строительной пыли и к коррозии. В реальных условиях эксплуатации в толще ограждающей конструкции алюминиевая фольга находится в условиях, способствующих сохранению ее теплоизолирующих свойств более 25 лет. Даже при искусственном запылении уменьшение R составляет не более 3%. Использование высокочистого (99.7%) алюминия во многом определяет его коррозионную стойкость. Естественная тонкая плотная окисная пленка Al_2O_3 выполняет защитные функции.

Теплоизоляция зданий может сократить использование тепловой энергии до очень низкого уровня без больших увеличений в капитальных затратах. При этом существует сложная динамика между стратегией реконструируемого и нового строительства. Реконструкция изоляции и остекления могут уменьшить использование энергии на 30 – 40%. Новые здания могут давать до 90% сокращения потребления тепловой энергии по сравнению с текущей средней, если дома строятся по новейшей технологии. Таким образом, дополнительное утепление старого жилого фонда, построенного до 1995 года, и теплоизоляция новых зданий в соответствии с новыми нормативами является главнейшим направлением успешного реформирования ЖКХ. При этом дополнительное утепление традиционными ТИМ (стекло- и минвата, пенопласт и т.д.), которые широко представлены на Российском рынке (80%), потребует огромных материальных затрат и большой трудоемкости строительного процесса из-за малого срока их эксплуатации. Освоение производства новых материалов в строительных конструкциях позволяет значительно интенсифицировать процесс строительномонтажных работ, улучшить качество строительной продукции, более эффективно

использовать энергетические ресурсы, сократить эксплуатационные расходы. Технологическим решением проблемы энергосбережения и реформирования ЖКХ может быть также применение новых высокоэффективных ТИМ на основе вспененных полимеров.

Одним из таких высокоэффективных материалов на основе вспененных полимеров является отражающая теплоизоляция Пенофол, выпускаемой заводом “ЛИТ” г. Переславль-Залесский. Пенофол – рулонный теплоизоляционный материал, изготавливается на основе вспененного полиэтилена, с одной или с двух сторон покрытого алюминиевой фольгой. Пенофол выпускается различных типов А, В, С толщиной 3 – 20 мм и шириной рулона 60 – 150 мм.

При реконструкции существующего жилого фонда рациональней использовать системы внутреннего утепления, чтобы сохранить фасады, имеющие историческую ценность. Кроме того, сохраняя наружную отделку здания, такое утепление можно делать выборочно, что очень сложно при утеплении снаружи. При внутреннем утеплении наружных стен применение Пенофола не приводит к ряду негативных процессов, которые имеют место при использовании массивной теплоизоляции. Т.к. Пенофол является пароизоляционным и воздухонепроницаемым слоем, то его использование не приводит к снижению коэффициента теплопередачи стены вследствие диффузии пара и инфильтрации воздуха. В то же время необходимым условием использования дополнительной теплоизоляции при внутреннем утеплении является требование: термическое сопротивление несущей стены должно быть не меньше значения термического сопротивления слоя дополнительной теплоизоляции

$$\Delta R_{\text{к}}^{\text{доп}} \leq R_{\text{в}} + (t_{\text{в}}/t_{\text{н}})(R_{\text{н}} + R_{\text{к}}) \quad (6)$$

где $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ – расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, соответственно, °С,

$R_{\text{к}}$ – термическое сопротивление несущей стены, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$,

$R_{\text{в}}$ и $R_{\text{н}}$ – сопротивление теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях стены, соответственно, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Это условие обеспечит тепловое состояние слоя дополнительной теплоизоляции в зоне положительных температур. При термическом сопротивлении несущей стены $R_{\text{к}} = 1 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и расчетных значениях температур воздуха внутреннего $t_{\text{в}} = +20 \text{ } ^\circ\text{C}$ и наружного $t_{\text{н}} = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$, величина $\Delta R_{\text{к}}^{\text{доп}}$ не должна превышать значения $\Delta R_{\text{к}}^{\text{доп}} = 0.8 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Термическое сопротивление дополнительной теплоизоляции из Пенофола типа А, замкнутой воздушной прослойки ($R_{\text{вп}} = 0.5 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) и облицовочного ГКЛ 12.5 мм составляет величины $\sim 0.7 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, что является допустимым в соответствии с условием (6).

ЗАО “ЛИТ” совместно с НИИСФ РААСН разработана конструкция дополнительной теплоизоляции наружных стен с применением материала типа Пенофол. Конструкция состоит из слоя Пенофола толщиной 3 -10 мм, замкнутой воздушной прослойки толщиной 10 – 20 мм, обрешетки и гипсокартонного листа (ГКЛ) толщиной 12.5 мм. Проведенные испытания такой конструкции в климатической камере показали эффективность применения Пенофола в качестве дополнительной теплоизоляции при утеплении существующего фонда жилых зданий, т.к. позволяет увеличить в 1.5 – 2 раза теплозащиту наружных стен при минимальном изменении объема помещений. Поскольку реконструкция фонда жилых зданий предусматривает и замену остекления

на двухкамерные стеклопакеты ($R_{\text{ост}} = 0.55 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$) и также проводится на наружной стене, то оба процесса (утепление и остекление) могут быть объединены, благодаря простоте установки конструкции внутреннего утепления, невысокой стоимости работ и возможности проводить их выборочно, что очень сложно при утеплении снаружи.

ОТИ дает огромные преимущества в малоэтажном строительстве, а также строениях для животных. Т.к. она прочная и непроницаема для влаги, ее поверхность может быть очищена струей высокого давления. Это позволяет легко проводить дезинфекцию строений для животных. Она является непригодным материалом для гнезд различных грызунов и вредителей, что позволяет уменьшить потери в корме, а также заболеваемость животных. Существует много вариантов применения ОТИ в доме и вокруг него, чтобы сберечь энергию и улучшить комфорт. ОТИ - экологически чистая и безопасная для окружения – не требует спецодежды. Ее достоинство заключается в легкости установления, умеренных ценах и доступности.

Литература

1. В.Н. Богословский "Строительная теплофизика", М., "Высшая школа", 1982.
2. К.Ф. Фокин "Строительная теплотехника ограждающих частей здания", М.: АВОК ПРЕСС, 2006. 256 с.
3. "Исследования по строительной теплофизике" сборник статей под редакцией Б.Ф. Васильева, М, Гос. издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959 г.

Literatura

1. V.N. Bogoslovskii "Stroitel'naya teplofizika", M., "Vysshaya shkola", 1982.
2. K.F. Fokin "Stroitel'naya teplotekhnika ograjdayuschih chastei zdaniya", M.: AVOK PRESS, 2006. 256 s.
3. "Issledovaniya po stroitel'noi teplofizike" sbornik statei pod redakciei B.F. Va-sil'eva, M, Gos. izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, arhitekture i stroitel'nym materialam, 1959 g.

Ключевые слова: энергоэффективность, тепловая защита зданий, отражающая теплоизоляция, теплоизоляционные материалы, энергосбережение, пенофол, теплоизоляция.

Keywords: energy efficiency, thermal protection of buildings, reflective thermal insulation, thermal insulation materials, energy savings, penofol, thermal insulation.

152020, Россия, Ярославская обл., г.Переславль - Залесский, ул. Советская, д.1
телефоны: +7 (48535) 306 50, 308 71, 328 49; факс: +7 (48535) 322 66
e-mail: lit@lit.botik.ru

ЗАО «Завод информационных технологий «ЛИТ»