

УДК 699.86

Б. М. Румянцев, А. Д. Жуков, Т. В. Смирнова

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Применение теплоизоляционных материалов является эффективным способом формирования тепловой оболочки здания, сокращения энергетических затрат и повышения долговечности строительных конструкций. Свойства материалов определяются их структурой, которая формируется в процессе технологических воздействий.

Ключевые слова: теплоизоляция, структура, долговечность, экспресс-методика, связующее, технология.

Application of thermal insulating materials are an effective way to form the thermal envelope of the building, to reduce energy costs and increase the durability of building structures. The material properties are determined by their structure, which is formed during the technological impacts.

Key words: thermal insulation, structure, durability, express method, binder, technology.

Повышение энергоэффективности валового продукта является основной задачей современного этапа экономического развития. Реализация этой задачи в строительстве предполагает совершенствование конструктивных решений (создание систем, в которых теплоизоляционные материалы проявляют свою эффективность в наибольшей степени), а также создание и применение эффективных теплоизоляционных материалов [1].

Энергоэффективность в данном случае понимается комплексно. Во-первых, теплоизоляционный материал (ТИМ) должен обеспечивать нормативные значения термического сопротивления конструкции [2]. Во-вторых, энергетические затраты на его изготовление должны компенсироваться его работой в конструкции (в течение первых десяти отопительных сезонов). В-третьих, материал должен сохранять свои свойства (функциональные, конструкционные, формостабильные) в течение всего времени эксплуатации конструкции. В-четвертых, эксплуатация материала не должна значительно увеличивать нагрузки на окружающую среду — материал должен соответствовать требованиям пожарной и экологической безопасности [3].

Эксплуатационная стойкость ТИМ определяется не только его свойствами, но и способностью длительное время выдерживать эксплуатационные нагрузки без значительного изменения свойств. ТИМ подвержен воздействию нагрузок трех типов:

- 1) при транспортировании и хранении материалов (минимизируются выполнением соответствующих требований и нормативов;
- 2) при монтаже, которые могут быть переведены на уровень незначимых выполнением правил монтажа;
- 3) при эксплуатации.

Нагрузки при эксплуатации плиты связаны с температурными, атмосферными, влажностными и механическими воздействиями (рис. 1). Вне зависимости от типа строительных систем параметром их оптимизации является термическое сопротивление конструкции, а параметром оптимизации ТИМ — его теплопроводность. Вместе с этим специфика эксплуатации ТИМ

в каждой из конкретных систем накладывает на утеплитель определенные дополнительные требования — ограничения, определяемые как нормирующие показатели.

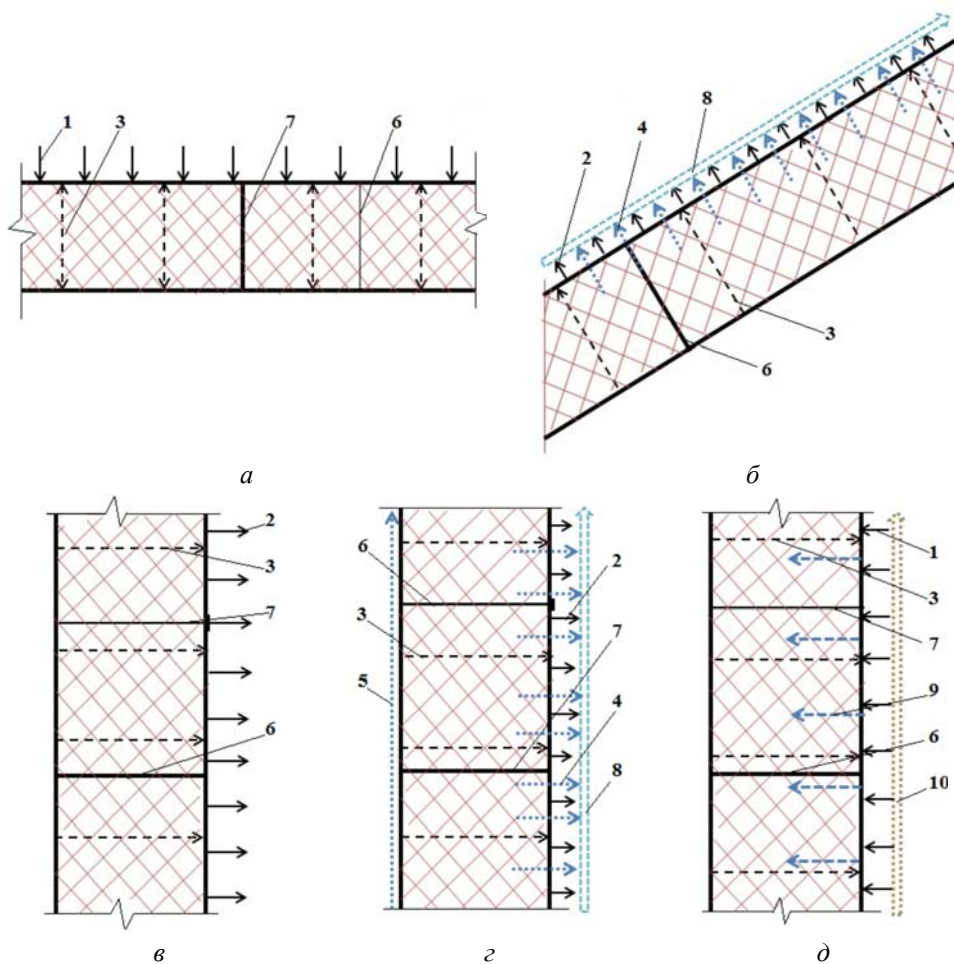


Рис. 1. Нагрузки на теплоизоляцию: а — плоская кровля; б — скатная кровля; в — штукатурный фасад; г — вентилируемый фасад; д — стена эксплуатируемого подвала: 1 — сжимающие усилия (распределенные); 2 — усилия на отрыв (распределенные); 3 — естественная конвекция воздуха и паров воды в утеплителе; 4 — вынужденная конвекция воздуха; 5 — конвективные потоки воздуха вдоль стены; 6 — фильтрация воздуха (и паровоздушной смеси) на примыканиях плит; 7 — механическое воздействие от крепежа; 8 — движение воздуха в вентилируемом зазоре; 9 — проникновение капельной влаги; 10 — сдвиговые усилия в грунте

Теплоизоляционные плиты, размещаемые в *конструкциях плоской кровли*, воспринимают сжимающие нагрузки, связанные с выпадением осадков (в том числе снега и образования наледи), а также нагрузки от верхних слоев кровельной системы (особенно в случае балластных или эксплуатируемых кровель).

Нормирующим показателем является прочность на сжатие при 10%-й деформации. Увлажнение теплоизоляции возможно в результате нарушения гидроизоляционного покрытия кровли или отказа пароизоляционного слоя, расположенного на перекрытии.

Если кровельная система надежно изолирует материал от потенциально-го внешнего огневого воздействия, возможно применение плит ЭПС. В кровельных системах используют плиты из пеностекла и каменной ваты. Удачно зарекомендовали себя плиты двойной плотности, в которых верхний плотный слой воспринимает нагрузки, перераспределяет их за счет упруго-пластичных свойств волокнистой структуры и передает на нижележащие слои.

Теплоизоляция *в скатных кровлях* работает в условиях вентилируемого зазора. Механические воздействия на нее минимальны. Увлажнение утеплителя возможно по тем же причинам, что и в плоской кровле. Нормирующим показателем является воздухопроницаемость теплоизоляции. Применение горючего утеплителя не допускается.

В случае применения минераловолокнистых материалов (плит, матов) необходимы ветрозащитные решения, направленные на исключение выноса волокна эрозии изделий. В конструкциях с применением изделий из стекло-ваты таковым является стеклоткань (или стеклохолст), при применении изделий на основе базальтового волокна — базальтовый холст. При применении изделий из каменной ваты рекомендуются плиты двойной плотности.

В конструкциях *штукатурных фасадов* преобладают нагрузки, действующие по направлению тепловых потоков, а также потоков массы (перпендикулярные глади стены) с исключением для изоляции проемов любого типа. Нормирующим показателем является прочность на отрыв слоев утеплителя, обязательным условием — паропроницаемость утеплителя. Не рекомендуется применение плит из ЭПС или пеностекла вследствие их низкой паропроницаемости.

Допускается применение плит из ППС (или другой горючей теплоизоляции) с обязательными противопожарными рассечками на высоте перекрытий и защитными вставками по периметру проемов (окон, дверей). Оптимальными являются плиты из минеральной ваты, в том числе плиты из каменной ваты двойной плотности. Внешний (более плотный) слой плит двойной плотности способствует формированию адгезионного переходного слоя, а объемно ориентированная структура минераловатного изделия обеспечивает его прочность на отрыв слоев.

Характерным видом нагрузки для теплоизоляции *вентилируемых фасадов* является местное сжатие от монтажных приспособлений, но наибольшую опасность представляет возможность отрыва слоев и нарушение целостности за счет эрозии волокна.

Минераловатные изделия с объемно ориентированным и переплетенным волокном характеризуются независимо от их средней плотности высокой сплоченностью структуры. Если изделие изготовлено с соблюдением всех технологических норм, то оно имеет высокую степень поликонденсации связующего вещества. Это минимизирует возможность снижения эксплуатационной стойкости теплоизоляции в системах навесных вентилируемых фасадов.

Нормирующим показателем является стойкость плит к эрозии волокна, зависящая от характеристик волокна (его pH, диаметра и длины), числа точек контакта между волокнами и полнотой отверждения связующего.

Допускается применение только негорючей и паропроницаемой теплоизоляции. Для ветрозащиты рекомендуется использование негорючих ветрозащитных покрытий (холстов на основе стеклянного или базальтового волокна). Допускается применение плит двойной плотности из каменной ваты.

Теплоизоляция, используемая в *системах защиты эксплуатируемого подвала*, должна быть рассчитана на механические нагрузки, возможность проникновения капельной влаги и возможность миграции паровоздушной смеси. Сжимающие механические нагрузки обусловлены давлением грунта обратной засыпки и напора грунтовых, ливневых и паводковых вод; тангенциальные нагрузки связаны с воздействием морозного пучения грунта. Проникновение капельной влаги в теплоизоляционный слой возможно в результате нарушения сплошности внешней гидроизоляции или отказа пристенного дренажа.

Нормирующими показателями является прочность при 10%-й деформации, водонепроницаемость и водостойкость. Утеплитель в конструкции полностью изолирован от внешних огневых воздействий, поэтому оптимально применение ЭПС плит.

Плиты, используемые для изоляции *фундаментов* (в том числе мелкого заложения) и *оснований дорожных покрытий* испытывают нагрузки, аналогичные системам защиты эксплуатируемого подвала. Сжимающие нагрузки при этом проявляются в большей степени. Определяющими показателями является прочность при 10%-й деформации и водостойкость. Допускается использование теплоизоляции с минимальным паропроницанием. В отличие от систем защиты эксплуатируемых подвалов теплоизоляция контактирует с грунтом непосредственно. Оптимальными являются плиты ЭПС или пеностекло, предназначенные именно для работы в контакте с грунтом.

Монтажные нагрузки связаны с закреплением плит и, в частности, с их локальным (точечным) уплотнением при механической фиксации. В результате изменяется структура теплоизоляционного ковра и его свойства: увеличивается теплопроводность, и происходит нежелательное снижение однородности термического сопротивления.

Теплоизоляция в своей массе не предназначена к длительному восприятию атмосферных нагрузок и нуждается в защите. При несоблюдении правил монтажа или в условиях форс-мажора зафиксированы случаи, когда теплоизоляция в течение месяцев находилась без защитных экранов или финишных покрытий. Это влекло за собой изменение внешнего вида и свойств плит. Отметим, что для фасадных плит на основе каменной ваты эти изменения были незначительны.

Требования к теплоизоляционному материалу формируются в результате оценки нагрузок и воздействий на материал, установленный в конкретной конструкции. Минимизация отрицательных воздействий на утеплитель предъявляет к ТИМ определенные требования. Теплопроводность является определяющим (оптимизационным) фактором, важным в равной степени для каждой из систем. Плотность и пористость являются в том числе и структурными характеристиками, связанными со всеми свойствами. Деформативные свойства материала зависят как от прочностных и структурных характеристик, так и от условий эксплуатации.

Таким образом, отправным элементом методологии должны быть требования к свойствам ТИМ, которые формируются по результатам анализа условий его работы в конструкции, а заключительным элементом — конструкция, в которой этот материал используется.

Методология создания нового теплоизоляционного материала [4] может быть представлена в виде последовательности выполнения ряда операций, объединенных в логическую модель (рис. 2). В зависимости от установленных требований к материалу определяются виды исходного сырья и устанавливаются задачи исследований. Далее моделируется структура изделия (волокнистая, ячеистая, комбинированная) и с учетом выбранного сырья разрабатываются условия получения базового материала. На основе обобщенной технологической схемы разрабатываются принципы базовой технологии.



Рис. 2. Схема решения технологических задач

Для исследования технологических процессов используется комплексный метод, разработанный в Московском государственном строительном университете [5]. Оптимизация технологических процессов осуществляется в результате анализа аналитических зависимостей, имитационного моделирования и статистической обработки эмпирических данных.

В результате формируется комплекс программ для ЭВМ, позволяющих решать оптимизационные, интерполяционные и адаптационные задачи. По итогам апробации технологии создается технологический регламент, и в результате получают изделие, обладающее оптимальными для данной конструкции свойствами.

Методология создания теплоизоляционных материалов опробована при изучении закономерностей формирования свойств и получении материалов волокнистой, ячеистой и комбинированной структуры в технологиях минераловатных изделий, теплоизоляционного газобетона и пенобетона, армированного минеральным волокном.

Отправным элементом методологии являются требования к материалу, ориентированные на получение изделия с заданными свойствами (в первую очередь низкой теплопроводностью) и на сохранение этих свойств во времени в конкретных условиях эксплуатации. При этом принимаются в расчет два рода ограничений: безопасность материала в условиях огневого воздействия и минимизация отрицательных воздействий на окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бессонов И. В., Старостин А. В., Оськина В. М. О формостабильности волокнистого утеплителя // Вестник МГСУ. 2011. № 3. С. 134—139.

2. Гагарин В. Г., Козлов В. В. Математическая модель и инженерный метод расчета влажностного состояния ограждающих конструкций // Архитектура и строительство. 2006. № 2. С. 60—63.

3. Thermal treatment of the mineral wool mat / A. D. Zhukov, T. V. Smirnova, D. B. Zelenshchikov, A. O. Khimich // Advanced Materials Research (Switzerland). 2014. Vols. 838—841. Pp. 196—200.

4. Хлевчук В. Р., Бессонов И. В. О расчетных теплофизических показателях минераловатных плит // Проблемы строительной теплофизики, систем микроклимата и энергосбережения в зданиях. М.: НИИСФ, 1998. С. 127—135.

5. Okorokov A. M., Zhukov D. V. Research and calculation mineral wool heat treating process by blowing heat-transfer agent through the mat // Building materials. 1982. № 7.

1. Bessonov I. V., Starostin A. V., Os'kina V. M. O formostabil'nosti voloknistogo uteplyatelya // Vestnik MGSU. 2011. № 3. S. 134—139.

2. Gagarin V. G., Kozlov V. V. Matematicheskaya model' i inzhenernyi metod rascheta vlazhnostnogo sostoyaniya ograzhdayushchikh konstruksiy // Arkhitektura i stroitel'stvo. 2006. № 2. S. 60—63.

3. Thermal treatment of the mineral wool mat / A. D. Zhukov, T. V. Smirnova, D. B. Zelenshchikov, A. O. Khimich // Advanced Materials Research (Switzerland). 2014. Vols. 838—841. Pp. 196—200.

4. Khlevchuk V. R., Bessonov I. V. O raschetnykh teplofizicheskikh pokazatelyakh mineralovatnykh plit // Problemy stroitel'noi teplofiziki, sistem mikroklimate i energosberezheniya v zdaniyakh. M.: NIISF, 1998. S. 127—135.

5. Okorokov A. M., Zhukov D. V. Research and calculation mineral wool heat treating process by blowing heat-transfer agent through the mat // Building materials. 1982. № 7.

© Румянцев Б. М., Жуков А. Д., Смирнова Т. В., 2014

Поступила в редакцию
в октябре 2014 г.

Ссылка для цитирования:

Румянцев Б. М., Жуков А. Д., Смирнова Т. В. Энергетическая эффективность и методология создания теплоизоляционных материалов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 4(35). Ст. 3. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>

For citation:

Rumyantsev B. M., Zhukov A. D., Smirnova T. V. [Energetic efficiency and methodology of production of thermal insulating materials]. *Internet-Vestnik VolgGASU*, 2014, no. 4(35), paper 3. (In Russ.). Available at: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>