

А.В. Лукина, А.А. Новожилова
Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИЙ СТЕН

В статье рассматривается вопрос изменения конструкции стены под воздействием различных факторов, в том числе приводящих к возникновению плесени. Проанализированы распространенные теплоизоляционные материалы и их технические характеристики, такие как плотность, теплопроводность, паропроницаемость и водопоглощение. Представлены различные методы модификации, позволяющие повысить эффективность и долговечность конструкций стен за счет совмещения изоляционных материалов. В результате исследования технических характеристик для различных климатических условий наиболее оптимальным вариантом сочетания материалов являются минеральная вата с эковатой. Представленная комбинация материалов более эффективна и выгодна экономически за счет своей доступности и конструктива.

Теплоизоляционные материалы, стеновые утеплители, комплекс материалов, переувлажнение, конденсация.

Введение

Эффективность изоляционных материалов зависит от множества факторов, включая их физические свойства, затраты на установку и технологические инновации. Такие показатели, как коэффициент теплопроводности, паропроницаемость, пористость, воздухопроницаемость, имеют больше значение для оценки тепло- и гидроизоляционных свойств конструкций.

Ограждающие конструкции более всего подвержены изменениям температурно-влажностного режима. Переувлажнение конструкции может происходить

в результате протечек крыши, увлажнения фундаментов, плохо запроектированной вентиляции, приводящей к нарушенной циркуляции воздуха [1]. Правильная конструкция стены и ее теплоизоляция позволят сократить возникновение излишнего влагообразования, которое зачастую приводит к образованию плесени, поэтому анализ принципов проектирования стеновых конструкций по-прежнему является актуальным направлением.

Сам процесс появления плесени на стенах зданий происходит следующим образом (рис.):

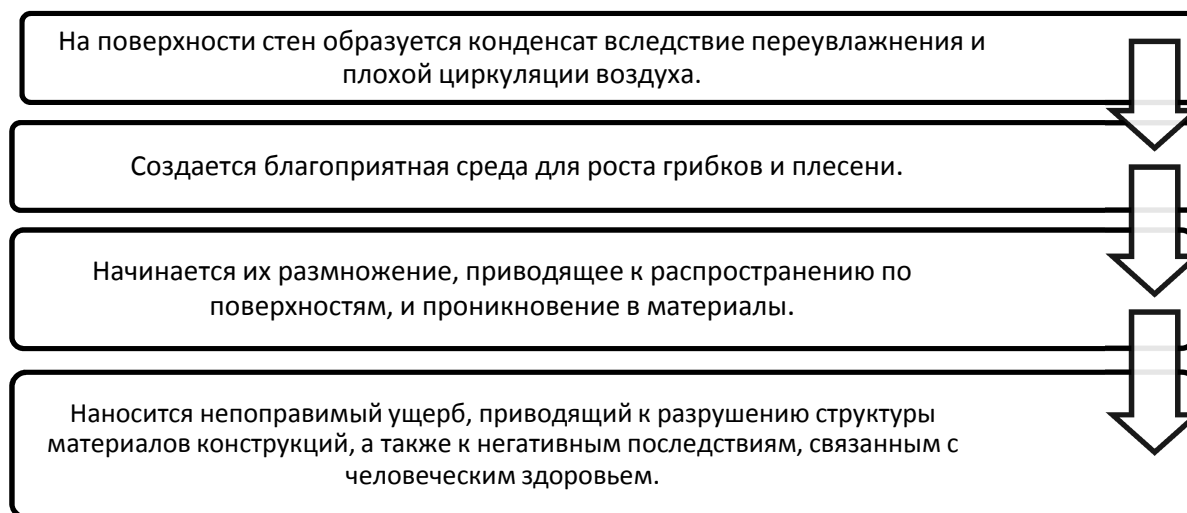


Рис. Процесс образования плесени на стенах зданий

Основным конструкционным мероприятием для предотвращения конденсации влаги в ограждениях является рациональное расположение в ограждении слоев различных материалов.

Проблему переувлажнения и промерзания стен можно решить за счет правильного расположения в толще стены. К внутренней поверхности следует располагать материалы плотные, малопаропроницаемые, а в наружной стороне, наоборот, более пористые, малотеплопроводные [1, 2]. При таком расположении слоев в толще стены падение упругости водяного пара будет наибольшим в начале стены, что позволит создать условия, предохраняющие от сорбционного увлажнения.

Стеновые утеплители используются для того, чтобы улучшить паро- и теплоизоляцию внутренних и наружных стен. А для большей защиты поверхности используют гидроизоляцию, которая позволяет противостоять воздействию влаги как внутри, так и снаружи здания. Эти решения помогают продлить срок службы строительных конструкций [3, 4].

Современные распространенные виды утеплителей и гидроизоляции [5, 6]:

1. Минеральная вата:

- теплопроводность 0,03–0,05 Вт/(м·К);
- плотность от 30 до 200 кг/м³;
- срок службы не меньше 50 лет при правильном монтаже;
- применяется для утепления стен, крыш и полов;
- является негорючим материалом;
- не выделяет вредных веществ.

2. Пенополистирол (EPS):

- теплопроводность 0,035–0,037 Вт/(м·К) при 10 °С;
- плотность от 15 до 50 кг/м³;
- устойчивость к влаге;
- применяется для утепления фасадов, крыш и полов;
- имеет высокую огнестойкость;
- при горении выделяет токсичные вещества;

- устойчив к щелочам и растворам солей;
- разрушается органическими растворителями.

3. Пенополиуретан (PUR):

- теплопроводность 0,025–0,035 Вт/(м·К);
- плотность от 30 до 200 кг/м³;
- применяется для утепления стен, крыш, полов и фасадов;

- не разлагается;
- не выделяет вредных веществ.

4. Полиизоцианурат (PIR):

- теплопроводность 0,020–0,024 Вт/(м·К);
- плотность от 30 до 35 кг/м³;
- паропроницаемость 0,038 мг/(м·ч·Па);
- применяется для утепления стен, крыш и полов
- является негорючим материалом;
- не подвержен образованию плесени и грибка.

5. Гидроизоляционные мембраны:

- модифицированный битум, имеющий устойчивость к влаге;
- ПВХ – поливинилхлорид, имеющий высокую прочность и устойчивость к ультрафиолетовым лучам;
- ТПО-мембраны, изготовленные из полипропилена в сочетании с каучуком;
- водопоглощение от 0,2 до 0,6 %;
- устойчивость к температурам от -62 до +50° С.

В современных условиях присутствует возможность использовать теплоизоляционные и гидроизоляционные материалы не только самостоятельно, но и совмещать их друг с другом для более эффективного функционирования, включая химические и физические преобразования, которые влияют на конструкции и экологию [7].

Для различных климатических зон стоит задача подобрать комплекс материалов с определенными характеристиками, отвечающих за устранение переувлажнения стены и появления плесени. Сочетания некоторых материалов представлены в таблице.

Таблица

Технические характеристики соединения изоляционных материалов

Комплекс материалов	Технические характеристики	Описание
Базальтовая вата и пенополистирол	<u>Базальтовая вата:</u> – негорючий, выдерживает до 800 °С; – плотность от 35 до 200 кг/м ³ ; – теплопроводность 0,035–0,045 Вт/(м·К); – паропроницаемость 0,3–0,6 мг/(м·ч·Па)	• С учетом низкой паропроницаемости пенополистирола, базальтовая вата воспринимает на себя основное воздействие, т.к. имеет высокую паропроницаемость и не накапливает влагу, в то время как пенополистирол воспринимает на себя работу более эффективного теплоизолятора. • Пенополистирол используется как дополнительный слой для улучшения теплоизоляционных свойств.
	<u>Пенополистирол:</u> – самозатухающий – плотность 15–50 кг/м ³ ; – теплопроводность 0,035–0,040 Вт/(м·К); – паропроницаемость 0,03 мг/(м·ч·Па)	
Эковата и минеральная вата	<u>Эковата:</u> – Пажароопасность класс Г2, – Плотность от 45 до 65 кг/м ³ – Теплопроводность 0,037-0,041 Вт/(м·К) – Паропроницаемость 0,3-0,35 мг/(м·ч·Па) <u>Минеральная вата:</u> – Негорючий, выдерживает до 800°С – Плотность от 34 до 220 кг/м ³ – Теплопроводность: 0,035-0,039 Вт/(м·К) – Паропроницаемость 0,03 мг/(м·ч·Па)	• Оба компонента состоят из минерального волокна, однако эковата также содержит специальные добавки, предотвращающие образования микроорганизмов, и замедляет горение. • За счет способа нанесения эковаты, как распыления, сочетание этих материалов позволит избежать пустых швов и сделать сплошное покрытие без «мостиков холода», скрепляя также между собой волокна.

Керамзит и пенополистирол	<u>Базальтовая вата:</u> – негорючий, выдерживает до 800 °С; – плотность от 300 до 600 кг/м³; – теплопроводность 0,12–0,18 Вт/(м·К); – паропроницаемость 0,2–0,3 мг/(м·ч·Па)	• Негорючий керамзит компенсирует горючесть пенополистирола. • Низкая паропроницаемость пенополистирола компенсируется высокой паропроницаемостью керамзита. • Оба имеют достаточно низкие плотности, что облегчает нагрузку на конструкции. • При засыпке и уплотнении керамзита пенополистирол может напыляться поверх, заполняя поры и пустоты, уменьшая количество и размеры «мостиков холода».
	<u>Пенополистирол:</u> – самозатухающий; – плотность 15–50 кг/м³; – теплопроводность 0,035–0,040 Вт/(м·К); – паропроницаемость 0,05 мг/(м·ч·Па)	

Рассмотренные сочетания материалов подходят в следующих условиях климата:

1. Базальтовая вата и пенополистирол:

- для регионов с холодными зимами и умеренными температурами летом (Сибирь, Дальний Восток);
- теплые климатические зоны (Краснодарский край);
- сухие климатические зоны (Астраханская область, Калмыкия).

2. Эковата и минеральная вата:

- регионы с высокой влажностью (Курильские острова, Дальний Восток, Тихоокеанское побережье);
- в ветреных регионах (Чукотка, Республика Коми, Северный Кавказ);
- северные регионы с холодными зимами (Якутия, Республика Саха, Иркутская область).

3. Керамзит и пенополистирол:

- влажные климатические условия (Приморские регионы);
- регионы с высокой температурой и повышенной влажностью (Волгоградская область, Астраханская область, Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область).

При выборе и комбинировании материалов необходимо учитывать их совместимость с другими защитными слоями и конструкционными материалами. Например, пенополистирол не совместим с битумной мастикой и не должен использоваться в таких условиях:

1) при работе с экструзионным пенополистиролом (XPS) важно соблюдать температурный режим, не превышающий +75 °С. В отличие от битумной мастики, которая может выдерживать более высокие температуры, существует риск разрушения при такой температуре;

2) пенополистирол имеет высокий класс горючести 4, что не позволяет совмещать его с битумной мастикой, которая способствует распространению огня;

3) с точки зрения химии битум содержит в себе растворители, которые могут вызвать разрушение или потерю свойств пенополистирола.

Эффективность теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов является критическим фактором энергосбережения в строительном секторе. Комплексное применение этих материалов значительно снижает теплопередачу, избегает образования кон-

денсата и плесени в толще стены, помогая поддерживать комфортную температуру в помещении.

Выводы

1. Исследован вопрос комплексного подхода применения изоляционных материалов для использования в различных климатических условиях РФ. Установлено, что ошибки в применении изоляционных материалов могут привести к скрытым проблемам с влажностью, усугубляя рост плесени. Эти проблемы подчеркивают важность комплексного подхода в оценке теплотехнических свойств конструкций стен.

2. Использование комплексного подхода из теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов позволяет обеспечивать долговечность, экологичность и экономическую эффективность стеновой конструкции. При низком коэффициенте теплопроводности и высокой паропроницаемости инженеры смогли добиться снижения воздействия таких процессов, как промерзание и переувлажнение стен, что приводит к меньшему появлению плесени.

3. Исходя из анализа рассмотренных комплексов материалов, более эффективными является комбинация минеральной ваты с эковатой, которые в силу своей экологичности, доступности и технологии применения в сочетании друг с другом могут улучшить качество монтажа и увеличить межремонтный период при эксплуатации зданий.

Литература

1. Исследование жизненного цикла деревянных покрытий зданий текстильной промышленности / С. И. Рощина, А. В. Лукина, Б. Е. Нармания // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – № 4 (412). – С. 201–208.

2. Зарубина, Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы и технологии / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. – 416 с.

3. Improving the thermal and mechanical performance of cement-based mortars for reinforcing masonry structures: computational and experimental methods / R. Ayed, S. Bouadila, M. Lazaar [et al.] // Energy Efficiency. – 2024. – 17(7), 80.

4. Теплоизоляционные материалы и конструкции : учебник для средних профессионально-технических учебных заведений / Ю. Л. Бобров, Е. Г. Овчаренко,

Б. М. Шойхет, Е. Ю. Петухова. – Москва : ИНФРА-М, 2003. – 268 с.

5. Повышение энергоэффективности вспомогательных зданий текстильной промышленности за счет продления цикла жизнедеятельности сборных композитных стеновых панелей / В. И. Римшин, М. В. Лукин, Д. В. Рева, С. И. Рощина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – № 6 (408). – С. 203–213.

6. Теплоизоляционные материалы и изделия: технико-экономические показатели. – URL: <https://studfile.net/preview/1761684/page:7/> (дата обращения: 25.10.2024). – Текст : электронный.

7. Enhancing building energy efficiency across diverse climatic zones in marocco through optimized eco-friendly insulation thickness with air gap / M. Fella, S. Ouhaibi, N. Belouaggadia [et al.] // Energy Reports. – 2024. – 12. – P. 1551–1565.

A.V. Lukina, A.A. Novozhilova

Vladimir State University named after Alexander Grigorievich
and Nikolay Grigorievich Stoletov

COMPLEX APPROACH TO ASSESSING THERMAL PROPERTIES OF WALL STRUCTURES

The article considers the issue of the wall structure changing under the influence of various factors, including those leading to the occurrence of mold. Widely used thermal insulation materials and their technical characteristics, such as density, thermal conductivity, vapor permeability and water absorption, are analyzed. Various modification methods are presented that allow to increase the efficiency and durability of the wall structures by combining insulation materials. As a result of the study of technical characteristics for various climatic conditions, the most optimal option for combining materials is mineral wool with ecowool. The presented combination of materials is more efficient and economically advantageous due to its availability and design.

Thermal insulation materials, wall insulation, complex of materials, over-humidification, condensation.