

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

М.А. Тислова, магистрант

А.С. Бегимбетова, PhD доктор, профессор

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева

(Казахстан, г. Алматы)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-11-4-123-131

Аннотация. Современное строительство не обходится без комплексных, составных ограждающих конструкций, которые состоят из различных элементов и материалов. Проведен анализ энергоэффективности тепло-пароизоляционных материалов в США и Казахстане, рассмотрены традиционные материалы такие как минеральная вата, пенополистирол и др., а также проведен анализ возможности использования альтернативных материалов для повышения энергоэффективности в Казахстане. Рассмотрены свойства и характеристики паро-теплоизоляционных материалов, представлены стандарты США и Казахстана, регулирующие использование таких материалов в строительстве.

Рассматривая несколько вариантов альтернативных паро-теплоизоляционных материалов для строительства в Казахстане, на примере города Алматы, был проведен анализ свойств изоляционных материалов с целью выбора, наиболее подходящих для климата данного региона.

В работе рассмотрены преимущества использования выбранных теплоизоляционных материалов, а также представлены данные о характеристиках альтернативных паро-теплоизоляционных материалов с учетом экологических аспектов их использования, которые могут значительно повысить энергоэффективность зданий и сократить затраты на отопление и охлаждение.

Использование альтернативных паро-теплоизоляционных материалов является эффективным и более экологичным вариантом для повышения энергоэффективности зданий в Казахстане. Эти данные могут быть интересны для специалистов, работающих в области энергоэффективности зданий и строительства, а также для заводо-производителей, которые занимаются производством и продажей паро-теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: теплоизоляция, стандарты, энергоэффективность, теплоизоляционные материалы.

В связи с разработкой новых теплоизоляционных материалов изменились технологии строительства и качество жизни в новых зданиях. Изоляционные материалы имеют повышенные эксплуатационные свойства, их разработчики воплощают основные принципы устойчивого развития - экологичность и безопасность. Конкретные задачи строительства решают за счет большого ассортимента продукции и эффективности разработанных материалов, используемых для изоляции домов, сооружений и тому подобное. Основной физической характеристикой этого класса материалов является теплопроводность,

которая зависит от его природы, плотности, размера и геометрии пор. Кроме того, теплопроводность существенно изменяется под воздействием температуры и влажности.

Одна из главных задач, которую надо решить при строительстве или реконструкции жилых зданий – минимизация теплотерь. Одним из вариантов, которому уделяется большое внимание со стороны инженеров и строителей, является развитие рынка теплоизоляционных материалов (утеплителей). Достигается это путем улучшения теплоизолирующих качеств ограждающих конструкций, что

обеспечивает не только экономию средств на отопление и кондиционирование, но и повышение комфортных условий проживания в жилых домах и пребывания в общественных. С целью уменьшения расхода топливно-энергетических ресурсов современными нормами значительно повышены нормативные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и гражданских домов, в соответствии с которыми новое строительство, модернизация и капитальный ремонт зданий не может происходить без применения эффективных теплоизолирующих материалов (утеплителей) [5].

Цель исследования проанализировать применение оптимальных паро-теплоизоляционных материалов для повышения энергоэффективности зданий.

Материалы и методика.

В данном исследовании был проведен анализ различных теплоизоляционных материалов: минеральная вата, аэрогель, целлюлозная и отражающая изоляция.

Объектом исследования являлись показатели энергоэффективности теплоизоляционных материалов.

В качестве основных методов исследования использовались аналитический, метод классификации, сравнения и абстрагирования. Методы проведения исследовательской работы включали обзор литературных данных и нормативов, измерение и расчет коэффициента теплопроводности с целью проведения сравнительного анализа требований к показателям энергоэффективности и свойствам изоляционных материалов, предъявляемых в таких стран, как США и Казахстана.

Эксперимент по сравнению коэффициентов теплопроводности различных материалов был проведен с целью оценки теплоизоляционных свойств материалов и определения их эффективности в передаче или удержании тепла. В качестве стены был выбран силикатный кирпич толщина – 250 мм, коэффициент теплопроводности – 0,81. В качестве влаго-ветрозащиты используем лист фанеры толщиной 8 мм.

Для сравнения с альтернативной изоляцией была принята минеральная вата.

Тепловой поток $q = 21,68$ при использовании минваты толщиной 50 мм;

$q = 10,37$ при использовании аэрогеля толщиной 50 мм;

$q = 21,68$ при использовании целлюлозной изоляции толщиной 50 мм;

$q = 18,22$ при использовании отражающей изоляции толщиной 50 мм;

В исследовании [8] проводился влажностный мониторинг конструкции стены с двойным разнесенным деревянным каркасом в новом коттедже в климатической зоне США 5А. Данная климатическая зона очень схожа с климатической зоной некоторых регионов Казахстана, а именно северной, восточной и северо-восточной части Казахстана. В данном случае для утепления использовались ЦИ (целлюлозная изоляция) и напыляемый пенополиуретан с открытыми ячейками. Внутренняя паро-защита всех стен была выполнена с использованием гипсокартонных листов, а наружная обшивка состояла из ОСП (ориентированно-стружечной плиты). Паро-проницаемость ЦИ толщиной 305 мм составляла 7...10 perms, или 0,44...0,63 мг/(м·ч·Па), а напыляемого ППУ с открытыми ячейками – 7,3 perms, или 0,46 мг/(м·ч·Па). Оба утеплителя в данном случае относятся к 3 классу паро-защиты, то есть они являются полупаро-проницаемыми.

1. Минеральная вата

Современные технологии позволяют создавать теплоизоляционные материалы высокой энергоэффективности, включая минеральную вату [1].

В исследовании [11] рассмотрели использование минеральной ваты в качестве теплоизоляционного материала и оценили его эффективность в зданиях. В этом исследовании авторы установили, что использование минеральной ваты может снизить объем прохладного воздуха, проходящего через стены и крыши здания, а также помочь сберечь до 30 процентов энергии на отопление.

Требования к минеральной вате в США включают в себя минимальную теплоизоляцию, требования к маркировке, упаковке и методам установки. Кроме того, в США существуют различные стандарты в зави-

симости от местоположения здания и климатической зоны, в которой оно расположено.

Таблица 1. Сравнительная таблица характеристик минеральной ваты стандартов США и Казахстана

Характеристика	Стандарт США (ASTM C665)	Стандарт Казахстана (ГОСТ 9573)
Плотность, кг/м ³	10-240	10-240
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,032-0,044	0,032-0,044
Устойчивость к влаге	Умеренная	Умеренная
Огнестойкость	Класс А (негорючий)	Класс А (негорючий)
Звукоизоляция, дБ	30-50	30-50
Температурный диапазон, °С	-40 до +230	-40 до +230
Содержание органических веществ, %	Не более 1	Не более 1
Содержание хлорида, %	Не более 0,001	Не более 0,001
Содержание серы, %	Не более 0,003	Не более 0,003

Соотношение нормативных и сверхнормативных затрат тепла на 1 кв. м панельного фасада, можно представить в ви-

де графика. в соответствии с рисунком 1. На рисунке 2 можно увидеть тоже для кирпичного фасада [6].

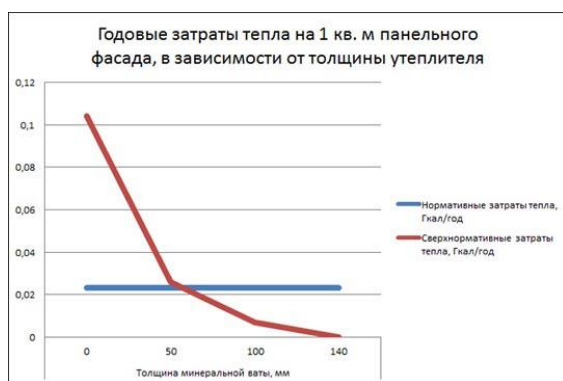


Рис. 1. Годовые затраты тепла на 1 кв. м панельного фасада

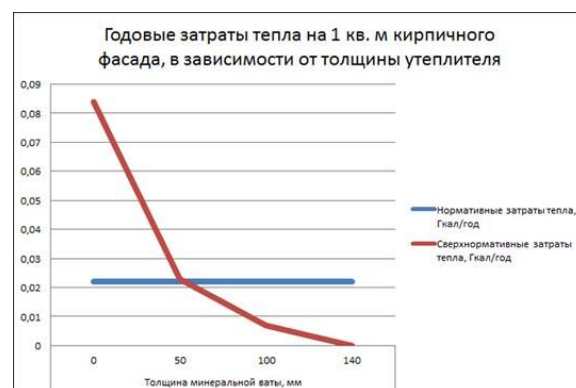


Рис. 2. Годовые затраты тепла на 1 кв. м кирпичного фасада

При выборе толщины утеплителя необходимо учитывать не только климатические условия, но и другие факторы, такие как толщина стен, наличие тепловых мостов и т.д.

2. Пенополистирол

Пенополистирол – это термопластичный полимер, который широко используется в строительстве для теплоизоляции и упаковки [9]. Стандарты на пенополистирол в США и Казахстане имеют некоторые сходства и различия. Стандарты США требуют, чтобы пенополистирол был классифицирован как «негорючий» в соответствии с ASTM E84, в то время как стандарты Казахстана требуют, чтобы пенополистирол был классифицирован как «го-

рючий» или «негорючий» в соответствии с ГОСТ 30244.

По общим рекомендациям по толщине для разных типов зданий, для жилых, например рекомендуется использовать пенополистирол толщиной от 50 до 100 мм, а для промышленных зданий, складов и т.д. – от 100 до 200 мм. Также при утеплении крыши необходимо использовать толщину не менее 150 мм [5].

Важно отметить, что слишком тонкий слой пенопласта не сможет обеспечить достаточную теплоизоляцию, а слишком толстый слой может привести к излишним затратам на материалы и увеличению толщины стен.



Рис. 3. Годовые затраты тепла на 1 кв. м кирпичного фасада

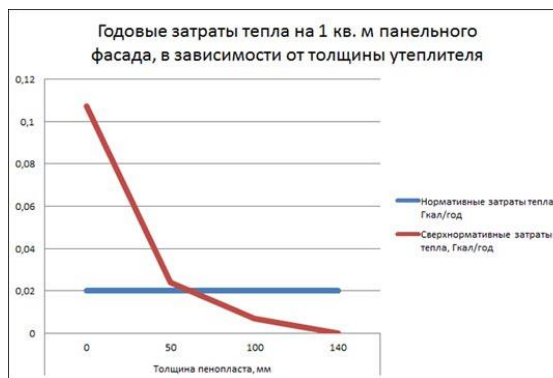


Рис. 4. Годовые затраты тепла на 1 кв. м панельного фасада

Таблица 2. Сравнительная таблица характеристик пенополистирола стандартов США и Казахстана

Характеристика	Стандарт США (ASTM C578)	Стандарт Казахстана (ГОСТ 15588-86)
Плотность, кг/м ³	10-40	10-35
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,036 макс.	0,038 макс.
Устойчивость к влаге	Не менее 90% после 28 дней при 23°C и 50% относительной влажности	Не менее 90% после 24 часов при 20°C и 95% относительной влажности
Огнестойкость	Класс А (негорючий) в соответствии с ASTM E84	Классификация "горючий" или "негорючий" в соответствии с ГОСТ 30244
Содержание хлорида, %	Не более 0,1	Не более 0,005
Содержание органических соединений, %	Не более 1	Не более 0,1

3. Полиизоцианурат

Полиизоцианурат (PIR) – это теплоизоляционный материал, который обладает высокими термическими свойствами и широко применяется в строительстве,

включая стены, крыши, потолки, полы и другие конструкции. Этот материал является одним из самых эффективных материалов для теплоизоляции, что объясняет его популярность [2].

Таблица 3. Сравнительная таблица характеристик полиизоцианурат стандартов США и Казахстана

Характеристика	Стандарты в США (PIMA)	Стандарты в Казахстане (Казахстанский ГОСТ)
Теплопроводность	Не более 0,023 Вт/(м·К)	Не более 0,027 Вт/(м·К)
Устойчивость к огню	Да	Да
Экологическая безопасность	Не содержит вредных веществ, таких как хлорфторуглероды	Не содержит вредных веществ
Качество	Более жесткие стандарты	Менее жесткие стандарты

Сравнивая стандарты на PIR в США и Казахстане, можно заметить, что они очень похожи. Оба стандарта устанавли-

вают требования к теплопроводности, устойчивости к огню и экологической безопасности.

Таблица 4. Сравнения коэффициентов теплопроводности PUR и PIR с другими теплоизоляционными материалами

Материал	Коэффициент теплопроводности
Пенополиуретан (PUR)	0,022 Вт/(м·К)
Пенополиизоцианурат (PIR)	0,022 Вт/(м·К)
Экструзионный пенополистирол (XPS)	0,028 Вт/(м·К)
Пенополистирол	0,038 Вт/(м·К)
Минеральная вата	0,038 Вт/(м·К)
Пенобетон	0,16 Вт/(м·К)

Значительный выбор методов и технологий по изготовлению PIR в сочетании с его теплоизоляционными свойствами делает этот материал одним из самых эффективных для теплоизоляции в зданиях. Таким образом, использование PIR в качестве теплоизоляционного материала в строительстве может привести к снижению теплопотерь и экономии энергии, что соответствует модернизации зданий на сегодняшний день.

4. Пароизоляционные материалы

Пароизоляционные материалы являются материалами, которые обладают способностью снижать использование кондиционирования воздуха в зданиях путем уменьшения проникновения влаги и тепла через ограждающие конструкции. Таким образом, использование пароизоляционных материалов может улучшить комфортность жизни людей, снизить расходы на отопление и кондиционирование воздуха [4].

Стандарты на пароизоляционные материалы, такие как пленочные материалы, ППУ и минеральная вата, обычно регулируются национальными органами стандартизации в каждой стране. Например, в США эти стандарты устанавливаются Американским институтом стандартов (ANSI) и Национальным институтом стандартов и технологий (NIST). В Казахстане

соответствующие стандарты определены в ГОСТе 30732-2006 «Материалы теплоизоляционные и пароизоляционные. Общие технические условия».

Также существует большое количество других материалов, таких как фольга, химические добавки к бетону и т.д., которые могут использоваться для создания параизоляционных материалов.

5. Альтернативные теплоизоляционные материалы

В Казахстане и США очень много схожих тепло-пароизоляционных материалов, однако в США используются материалы, которые не используются в Казахстане. Некоторые из них:

Целлюлозная изоляция – это материал, который создается из переработанных газет и картона. Он обладает высокой теплоизоляционной способностью и может существенно снизить затраты на отопление и кондиционирование воздуха. Кроме того, целлюлозная изоляция также является отличным пароизоляционным материалом [10, 12].

Аэрогель – это материал, который создается путем удаления жидкости из геля. Он обладает очень низкой теплопроводностью и может существенно улучшить теплоизоляцию здания. Кроме того, аэрогель также является отличным пароизоляционным материалом [15].

Таблица 5. Характеристики целлюлозной изоляции

Свойство	Значение
Теплопроводность	0,038 Вт/(м·К)
Коэффициент сопротивления теплопередаче	3,7 м ² ·К/Вт
Удельная теплоемкость	2100 Дж/(кг·К)
Плотность	30-50 кг/м ³
Энергоэффективность	Высокая

Аэрогель (Aerogel Insulation) – это один из наиболее инновационных и эффективных теплоизоляционных материалов, которые могут использоваться в городе Алматы.

Таблица 6. Характеристика аэрогеля

Свойство	Значение
Теплопроводность	0,013-0,018 Вт/(м·К)
Коэффициент сопротивления теплопередаче	5,5-7,7 м ² ·К/Вт
Удельная теплоемкость	1000-1200 Дж/(кг·К)
Плотность	100-200 кг/м ³
Энергоэффективность	Очень высокая

Aerogel Insulation (Аэрогель) имеет очень низкую теплопроводность, что делает его одним из самых эффективных материалов для теплоизоляции. Коэффициент сопротивления теплопередаче также очень высок, что означает, что он может удерживать тепло в здании. Удельная теплоемкость ниже, чем у целлюлозной изоляции, но все еще достаточно высока для хранения тепла. Энергоэффективность аэрогеля очень высока, что означает, что он может помочь снизить затраты на отопление и охлаждение здания еще больше, чем целлюлозная изоляция [13].

Аэрогель имеет очень высокую теплоизоляционную способность и обладает

низким коэффициентом теплопроводности, что делает его одним из самых эффективных теплоизоляционных материалов на рынке [13].

Отражающая изоляция (Reflective Insulation) – это материал, который используется для уменьшения теплопотерь через стены, крыши и другие поверхности здания. В городе Алматы, где климат холодный и сухой зимой, а летом достаточно жарко, использование отражающей изоляции может быть эффективным способом уменьшения затрат на отопление зимой и кондиционирование воздуха летом [8].

Таблица 7. Характеристика отражающей изоляции

Свойство	Значение
Теплопроводность	0,03-0,05 Вт/(м·К)
Коэффициент сопротивления теплопередаче	1,5-2,5 м ² ·К/Вт
Удельная теплоемкость	840 Дж/(кг·К)
Плотность	60-80 кг/м ³
Энергоэффективность	Средняя

Энергоэффективность отражающей изоляции средняя, что означает, что она может помочь снизить затраты на отопление и охлаждение здания, но не так сильно, как целлюлозная изоляция или аэрогель.

Использование отражающей изоляции в городе Алматы может быть эффективным способом уменьшения затрат на отопление зимой и кондиционирование воздуха летом.

Результаты исследования и обсуждение

Результаты сравнения показателей энергоэффективности пароизоляционных материалов (аэрогеля и минваты) демонстрируют, что аэрогель более эффективный.

Среднее содержание влаги, измеренное во всех акустических изоляционных материалах (АИМ) в стенах, составляло 13,3%, а в минеральной вате – 13,6%. Это свидетельствует о том, что нет значительной разницы в накоплении влаги между различными изоляционными материалами при эксплуатации.

В стенах с парозащитой выбор изоляционного материала (минеральная вата или целлюлозная изоляция) не оказывает критического влияния на содержание влаги, так как максимальное содержание влаги составляло 18% для обоих материалов.

Для стены с целлюлозной изоляцией максимальное накопление влаги составляло 18% (влажность древесины каркаса), независимо от наличия или отсутствия парозащиты.

Для стены с минеральной ватой использование парозащиты имеет решающее значение для содержания влаги во внешних частях стены, так как максимальное содержание влаги, обнаруженное в стене без парозащиты, составляло 30% (влажность древесины каркаса).

Теплопроводность аэрогелей низкая благодаря эффекту Кнудсена: они состоят на 98-99% из воздуха, при этом 75% воздуха находится в статическом состоянии, так как размер пор меньше длины свободного пробега молекул газа воздуха, что не позволяет им переносить энергию. По коэффициенту теплопроводности аэрогель занимает второе место (0,016 Вт/м·К при

10°C), уступая только вакуумной изоляции, которая считается лучшей в мире, и превосходит материалы, такие как пенополиуретан и минеральная вата.

Аэрогели обладают гидрофобными свойствами, благодаря применению технологии открытых ячеек при их производстве. Аэрогели обладают сопротивлением паропрооницанию, которое превышает минеральные ваты примерно в 10-15 раз. Они также обладают высокой прочностью, способной выдерживать нагрузку в 2000 раз большую, чем их собственный вес. Хотя аэрогели изначально были хрупкими материалами, появление аэрографена, состоящего из графена и углеродных нанотрубок, позволило преодолеть этот недостаток. Аэрогели также обладают высокой отражающей способностью.

Комбинация низкой теплопроводности и малой толщины позволяет применять материал там, где сочетаются высокие требования к теплоизоляции и ограничения по величине теплоизоляционного слоя.

При строительстве зданий и сооружений используются различные стеновые конструкции, включающие в себя внутренний (основной), теплоизоляционный и облицовочный слои. Ученые из швейцарского института Емра решили интегрировать теплоизоляционный слой в основной, что привело к созданию аэрокирпича с заполненными аэрогелем пустотами.

На основе аэрогеля разрабатываются уникальные материалы, такие как пирогель и криогель, которые способны работать в широком диапазоне температур (от -260°C до +650°C). Аэрогель также используется для заполнения стеклопакетов вместо обычного стекла. Создается новая строительная конструкция – аэрокирпич.

Пенополиуретан обладает низким водопоглощением – до 2% от общей массы, что позволяет использовать плиты или панели в помещениях с повышенной влажностью. Кроме того, ППУ химически нейтрален к кислотным и щелочным средам и отличается биологической устойчивостью. Вследствие того, что он не впитывает влагу, не развивается плесень. Правда пенополиуретановый утеплитель имеет достаточно низкую паропрооницаемость, что

может негативно сказаться на микроклимате в помещении, создается эффект парника.

Минераловатный утеплитель при увлажнении существенно теряет теплотехнические свойства. Минвата может набирать воду, которая намного лучше передает тепло или холод и, более того, при замерзании превращается в лед и может нарушить целостность конструкции. При глубоком проникновении влаги минвата слипается, волокна склеиваются, а материал теряет прочность.

В настоящее время аэрогель известен как самый легкий твердый материал в мире. Он характеризуется низкой плотностью, низкой диэлектрической проницаемостью (1,1 ~ 2,5), низкой теплопроводностью (0,013 ~ 0,025 Вт / (мК)), высокой пористостью (80 ~ 99,8%), высокой удельной площадью поверхности (200 ~ 1000 м²/г) и т.д., что позволяет данному материалу проявлять особые свойства в механике, акустике, теплоизоляции, оптике, а также иметь перспективное будущее в аэрокосмической, военной, телекоммуникационной, медицинской, строительной, электротехнической и металлургической отраслях, поэтому его называют «невероятным материалом, который изменит мир».

Теплоизоляция на основе аэрогеля для строительных нужд выпускается в рулонном исполнении и представляет собой стекловолоконистую основу буквально набитую аэрогелевым порошком.

На данный момент проблема с активным внедрением аэрогеля одна – дороговизна такой технологии изоляции. Аэрогель стоит значительно дороже обычных материалов, впрочем, помогая эффективнее экономить энергию на более длительном промежутке времени. Устройство изоляции аэрогелем наиболее удачно во вновь построенных домах, в которых изначально созданы условия для использования аэрогеля.

Заключение

Рассмотренные целлюлозная изоляция, аэрогель и отражающая изоляция проявились как многообещающие альтернативы минеральной вате, обладая высокой теплоизоляционной эффективностью и, в не-

которых случаях, экологической устойчивостью.

В ходе исследования были проанализированы преимущества использования определенных паро- и теплоизоляционных материалов, а также представлены данные о характеристиках альтернативных материалов этого рода. Важно отметить, что использование указанных альтернативных материалов может оказаться весьма эффективным способом повышения энергоэффективности зданий, что в свою очередь позволит снизить затраты на отопление и охлаждение помещений.

С учетом вышеупомянутых факторов можно утверждать, что использование альтернативных паро- и теплоизоляционных материалов представляет собой эффективное и экологически безопасное решение для повышения энергоэффективно-

сти зданий в Казахстане. Результаты исследования могут оказаться полезными для специалистов, работающих в области энергоэффективности и строительства, а также для производителей паро- и теплоизоляционных материалов.

Эти материалы представляют собой перспективные решения для повышения энергоэффективности зданий, что критически важно в условиях современных требований к устойчивому строительству.

В целом, использование альтернативных теплоизоляционных материалов представляет собой перспективное направление для улучшения энергоэффективности и снижения воздействия строений на окружающую среду в Казахстане. Его успешная реализация требует согласованных усилий различных заинтересованных сторон.

Библиографический список

1. Aspen Aerogels: Copyright 2001-2018 Aspen Aerogels, Inc. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aerogel.com/Enabling-the-Future-of-Energy/>.
2. Illera D., Mesa J., Gomez H., Maury H. Cellulose Aerogels for Thermal Insulation in Buildings: Trends and Challenges. *Coatings*. – 2018. – № 8. – С. 345. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/coatings8100345>
3. Kojiro Uetani, Kimihito Hatori. Thermal conductivity analysis and applications of nanocellulose materials, *Science and Technology of Advanced Materials*. – 2017. – № 18:1. – P. 877-892. DOI: 10.1080/14686996.2017.1390692.
4. Rasmussen, T.V. Assessment of the performance of organic and mineral-based insulation products used in exterior walls and attics in dwellings / T.V. Rasmussen, A. Nicolajsen // *Build. Environ.* – 2007. – Vol. 42, № 2. – P. 829-839.
5. Ueno, K. BA-1501: Monitoring of Double-Stud Wall Moisture Conditions in the Northeast About. 2015. – 72 p.
6. Vatin N.I., Pestryakov I.I., Sultanov Sh.T., Ogidan T., Yarunicheva Y.A., Kiryushina A.P. Water vapour by diffusion and mineral wool thermal insulation materials // *Magazine of Civil Engineering*. – 2018. – №5 (81).
7. Vinha, J. Drying rate of timber-framed external wall assemblies in Nordic climate / J. Vinha, P. Käkälä // *Performance of Exterior Envelopes of Buildings IX*. – Florida, 2004. – P. 11.
8. Бабашов В.Г., Варрик Н.М., Карасева Т.А. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов (обзор) // *Труды ВИАМ*. – 2019. – №6 (78).
9. Баталин Б.С., Красновских М.П. Долговечность и термическая устойчивость пенополистирола // *Construction materials*. – 2014. – №8.
10. Васильева И.Л., Немова Д.В. Перспективы применения аэрогелей в строительстве // *Alfabuild*. – 2018. – № 4. – С. 135-145. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild_2018_6/12_6.pdf.
11. Колосов Е.В. Утепление и гидроизоляция дома и квартиры. – Рипол Классик, 2013. – 256 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://biblio.rii.kz/wp-content/uploads/Books/RUS/PSM/12/Утепление%20и%20гидроизоляция%20дома%20и%20квартиры.pdf>.

12. Копылов И.А. PUR и PIR-новые для России теплоизоляционные материалы // Кровельные и изоляционные материалы. – 2016. – № 4. – С. 14-17. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.krovizomat.ru/pdf/2016-04/14-17.pdf>.

13. Симашев Ф. Преимущества возведения промышленных зданий из PIR и PUR сэндвич-панелей // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2017. – № 1-2. – С. 25-28.

14. Современное строительство: аэрогель для изоляции и спрей для получения солнечной энергии: 2018 Олимпстрой – инновации в строительстве. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scos.ru/materials/13-sovremennoe-stroitelstvo-aerogel-dlya-izolyacii-i-sprey-dlya-polucheniya-solnechnoyenergii.html>.

15. Чиликина К.В., Халиуллина Л.Ф. Аэрогелевая изоляция в строительстве // Сборник трудов конференции «Новое слово в науке: стратегии развития». – Чебоксары: Изд-во ООО «Центр научного сотрудничества «Интерактивплюс». 2018. – С. 198-200.

APPLICATION OF OPTIMAL VAPOR-THERMAL INSULATION MATERIALS TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

M.A. Tislova, Graduate Student

A.S. Begimbetova, PhD doctor, Professor

Satbayev University

(Kazakhstan, Almaty)

Abstract. *Modern construction is not complete without complex, composite enclosing structures that consist of various elements and materials. The analysis of the energy efficiency of heat and vapor barrier materials in the USA and Kazakhstan is carried out, traditional materials such as mineral wool, expanded polystyrene, etc. are considered. The analysis of the possibility of using alternative materials to improve energy efficiency in Kazakhstan was also carried out. The properties and characteristics of steam-insulating materials are considered, the standards of the USA and Kazakhstan regulating the use of such materials in construction are presented.*

Considering several options of alternative steam-insulating materials for construction in Kazakhstan on the example of the city of Almaty, an analysis of its climate was carried out and based on the results obtained, the most suitable insulation materials for this region were determined.

As the results, the advantages of using the selected materials were considered, and data on the characteristics of alternative steam-insulating materials were presented, where it can be noted that these materials can significantly increase the energy efficiency of buildings and reduce heating and cooling costs. Environmental aspects of the use of these materials were also considered.

The use of alternative steam-insulating materials is an effective and more environmentally friendly option for improving the energy efficiency of buildings in Kazakhstan. These data may be of interest to specialists working in the field of energy efficiency of buildings and construction, as well as for manufacturing plants that are engaged in the production and sale of steam-insulating materials.

Keywords: *thermal insulation, standards, energy efficiency of thermal insulation materials.*