

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХТИ – филиал СФУ

институт

Строительство

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Шibaева

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2022г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Совершенствование технологии и организации строительства зданий
с наружными многослойными теплоэффективными стенами
в условиях холодного климата

Тема

08.04.01 Строительство

код и наименование направления

08.04.01.16 Промышленное и гражданское строительство: проектирование

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель _____ к.т.н., доцент Г. Н. Шibaева
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ И. В. Баев
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент _____ ген. директор С. И. Можаров
подпись, дата ООО «СЗ «МК-Групп» должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2022

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЗАВЕДУЮЩЕГО КАФЕДРОЙ

О ДОПУСКЕ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ К ЗАЩИТЕ

ВУЗ (точное название) Хакасский технический институт – филиал

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Кафедра Строительство

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заведующего кафедрой Строительство
(наименование кафедры)

Шибасовой Галины Николаевны
(фамилия, имя, отчество заведующего кафедрой)

Рассмотрев магистерскую диссертацию студента группы № 30-3
Баева Ивана Владимировича
(фамилия, имя, отчество студента)

выполненную на тему Совершенствование технологии и организации строительства зданий с наружными многослойными теплоэффективными стенами в условиях холодного климата

по реальному заказу _____
(указать заказчика, если имеется)

с использованием ЭВМ _____
(название задачи, если имеется)

Положительные стороны работы _____

в объеме _____ листов магистерской диссертации, отмечается, что работа выполнена в соответствии с установленными требованиями и допускается кафедрой к защите.

Зав. кафедрой _____

« _____ » _____ 2022г.

АННОТАЦИЯ

на магистерскую диссертацию Баева Ивана Владимировича

(фамилия, имя, отчество)

на тему: Совершенствование технологии и организации строительства зданий с наружными многослойными теплоэффективными стенами в условиях холодного климата

Актуальность тематики и ее значимость: Актуальность обоснована необходимостью совершенствования проектных и технологических решений многослойных наружных стен в связи с наличием неремонтопригодных дефектов, появляющихся на стадии строительства и эксплуатации.

Расчеты, проведенные в пояснительной записке: В работе проведены температурные расчеты сечений и основных узлов конструкций зданий, выполнены расчеты НДС наружных стен от температурных воздействий, а также определена несущая способность перекрытия.

Использование ЭВМ: При оформлении текстовой части работы и графической части использованы стандартные и специальные строительные программы ЭВМ: Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2016, Internet Explorer, SCAD Office 21.1, EICUT.

Качество оформления: Текстовая часть и чертежи выполнены с высоким качеством на ЭВМ. Распечатка работы сделана на лазерном принтере с использованием цветной печати для большей наглядности.

Освещение результатов работы: Результаты проведенной работы изложены последовательно, носят конкретный характер и освещают всю научную работу.

Степень авторства: Содержание магистерской диссертации разработано автором самостоятельно.

Автор магистерской диссертации _____

подпись

И. В. Баев

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель работы _____

подпись

Г. Н. Шибеева

(фамилия, имя, отчество)

ABSTRACT

The Master's dissertation of Ivan Baev
(first name, surname)

The theme: "Improving the technology and organization of construction of buildings with external multilayer heat-efficient walls in a cold climate"

The relevance of the work and its importance: The relevance is justified by the need to improve the design and technological solutions of multilayer external walls due to the presence of non-repairable defects that appear at the construction and operation stages.

Calculations carried out in the explanatory note: Temperature calculations of cross sections and basic units of building structures were carried out in the work, calculations of VAT of external walls against temperature effects were performed, and the bearing capacity of the overlap was determined.

Usage of computer: In the design of the text part of the work and the graphical part, standard and special building programs of the computer are used: Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2012, Internet Explorer, SCAD Office 21.1, LIRA-CAD 2013, EICUT.

Quality of execution: The text part and drawings are made with high quality on a computer. Printing work is done on a laser printer with color prints for better visibility.

Presentation of results: The results of this work are set out in sequence; they are specific cover all the scientific work.

Degree of the authorship: The content of the master's thesis is developed by the author independently.

The author of the Master's dissertation _____ Ivan Baev
Signature (first name, surname)

Thesis supervisor _____ Galina N. Shibaeva
Signature (first name, surname)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Совершенствование технологии и организации строительства зданий с наружными многослойными теплоэффективными стенами в условиях холодного климата» содержит 97 страниц текстового документа, 12 таблиц, 40 рисунков, 112 использованных источника.

Объект исследования – технологические особенности строительства и эксплуатации зданий с многослойными наружными стенами.

Предмет исследования – влияние температурно-климатических воздействий на эксплуатационную надежность многослойных наружных стен в условиях холодного климата.

Целью работы является исследование технологических и проектных особенностей многослойных наружных ограждающих конструкций для разработки рекомендаций по модернизации конструктивных решений зданий для обеспечения нормальных условий эксплуатации.

Задачи работы:

- анализ недостатков проектных решений с позиции тепловой защиты;
- изучение особенностей характера влагонакопления в наружных многослойных стенах в условиях холодного климата;
- исследование факторов долговечности наружных многослойных стен;
- разработка рекомендаций по совершенствованию технологии и организации возведения наружных многослойных стен.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХТИ-филиал СФУ
институт
Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ Г.Н. Шibaева
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2021 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

в форме _____ магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту (ке) _____ Баеву Ивану Владимировичу
(фамилия, имя, отчество студента(ки))

Группа 30-3 Направление (специальность) _____ 08.04.01 «Строительство»
(код)

08.04.01.16 Промышленное и гражданское строительство: проектирование
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Совершенствование технологии и организации строительства зданий с наружными многослойными теплоэффективными стенами в условиях холодного климата

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель МД _____ Г. Н. Шibaева, доцент, ХТИ- филиал СФУ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для МД теоретические исследования работы наружных многослойных стен в области тепловой защиты зданий

Перечень разделов МД обзор технологии строительства зданий с многослойными стенами; анализ условий работы теплоизоляционных материалов в структуре стен; мониторинг состояния эксплуатируемых зданий с многослойными стенами.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов 6-8 плакатов формата А1

Руководитель МД _____
(подпись)

_____ Г. Н. Шibaева
(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись)

_____ И. В. Баев
(инициалы и фамилия студента)
« ____ » _____ 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ С НАРУЖНЫМИ МНОГОСЛОЙНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ.....	7
1.1	Требования Российских и региональных нормативов по тепловой защите наружных стен.....	7
1.2	Конструктивные решения наружных многослойных стен.....	11
1.3	Особенности эксплуатации наружных многослойных стен в условиях холодного климата	20
1.4	Инновационные разработки в области теплоэффективных стен.....	24
1.5	Выводы по первой главе.....	31
2	АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СОСТАВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕН	32
2.1	Анализ температурно-влажностного состояния материалов в составе многослойных наружных стен различных типов при эксплуатации в условиях холодного климата	32
2.2	Оценка долговечности работы теплоизоляционных материалов в структуре многослойных стен	36
2.3	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность многослойных стен	37
3	МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ С МНОГОСЛОЙНЫМИ НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ.....	64
3.1	Опыт эксплуатации зданий с многослойными стенами в условиях холодного климата	64
3.2	Технологические особенности возведения зданий с многослойными наружными стенами в условиях холодного климата	70
3.3	Дефекты, возникающие при несоблюдении технологии монтажа утеплителей при возведении зданий с многослойными наружными стенами	72

3.4	Разработка рекомендаций для совершенствования системы контроля качества при возведении зданий с многослойными наружными стенами.....	77
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	83

ВВЕДЕНИЕ

В связи с изменениями строительных норм и повышения требований по тепловой защите с целью экономии энергии и создания оптимальных параметров микроклимата помещений, происходит постоянный мониторинг существующих технологий для выявления у них изъянов, а также ведётся разработка эффективных инновационных решений. Они затрагивают часть общей задачи энергосбережения в зданиях. Применение энергоэффективных технологий снижает потребление электрической и тепловой энергии, что позволяет перераспределять энергию на другие направления.

Множество факторов оказывает влияние на эксплуатационную надёжность и долговечность многослойных стен, в том числе, негативно - в результате чего ухудшается энергоэффективность теплоизоляционных материалов. Необходимо учитывать влияющие факторы - в каких климатических условиях находится строение, эффективность использования различных теплоизоляционных материалов в составе стен в различных климатических условиях, качество изготовления и монтажа конструкции.

Актуальность научно-исследовательской работы заключается в существующей потребности повышения эффективности потребления энергетических ресурсов в климатических условиях России при строительстве, и выявление ошибок и дефектов технологий возведения многослойных стен с использованием теплоизоляционных материалов в условиях холодного климата.

Объект исследования – технологические особенности строительства и эксплуатации зданий с многослойными наружными стенами.

Предмет исследования – влияние температурно-климатических воздействий на эксплуатационную надёжность многослойных наружных стен в условиях холодного климата.

Целью работы является исследование технологических и проектных особенностей многослойных наружных ограждающих конструкций для раз-

работки рекомендаций по модернизации конструктивных решений зданий для обеспечения нормальных условий эксплуатации.

Задачи работы:

- анализ недостатков проектных решений с позиции тепловой защиты;
- изучение особенностей характера влагонакопления в наружных многослойных стенах в условиях холодного климата;
- исследование факторов долговечности наружных многослойных стен;
- разработка рекомендаций по совершенствованию технологии и организации возведения наружных многослойных стен.

В первой главе диссертации рассматриваются существующие технологии строительства зданий с наружными многословными конструкциями, их достоинства и недостатки, особенности эксплуатации в условиях холодного климата, а также требования Российских и региональных нормативов по теплозащите.

Во второй главе был проведён анализ различных теплоизоляционных материалов составе многословных стен. Был произведен анализ температурно-влажностного состояния материалов в составе многослойных наружных стен при эксплуатации в условиях холодного климата, оценили долговечность работы теплоизоляционных материалов, оценили факторы влияния на эксплуатационную надёжность и долговечность многослойных стен.

В третьей главе мы на практике провели мониторинг состояния зданий с многослойными стенами в условиях холодного климата, выявили технологические особенности возведения зданий с многослойными наружными стенами, обнаружили дефекты, возникающие при нарушении технологий монтажа утеплителей при возведении зданий с многослойными наружными стенами. По окончании практической деятельности, был проведён анализ полученной информации и разработаны рекомендации для совершенствования системы контроля качества при возведении зданий с многослойными наружными стенами.

Научная новизна заключается в следующем:

- 1) Установлено несовершенство проектных решений и дефекты, возникающие при несоблюдении технологии монтажа многослойных теплоэффективных стен;
- 2) Усовершенствована методика проектирования наружных многослойных стен для условий холодного климата.

Практическая значимость исследований заключается в том, что полученные результаты исследований позволяют оценить дефекты тепловой оболочки здания и являются основанием для пересмотра конструктивного решения монтажных узлов.

Для составления эффективных рекомендаций по улучшению технологий возведения зданий с многослойными наружными стенами в условиях холодного климата в работе были использованы такие методы исследования, как: наблюдение, анализ, измерение, сравнение.

1 СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ С НАРУЖНЫМИ МНОГОСЛОЙНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИ- МИ КОНСТРУКЦИЯМИ

1.1 Требования Российских и региональных нормативов по тепло- вой защите наружных стен

Строительные нормы и правила устанавливают требования к теплозащите зданий в целях экономии энергии и оптимальных параметров микроклимата помещений. Они затрагивают часть общей задачи энергосбережения в зданиях. Одновременно с созданием эффективной тепловой защиты, в соответствии с другими нормативными документами принимаются меры по повышению эффективности инженерного оборудования зданий, снижению потерь энергии при ее выработке и транспортировке, а также по сокращению расхода тепловой и электрической энергии путем автоматического управления и регулирования оборудования и инженерных систем в целом.

Настоящие нормы предусматривают введение новых показателей энергетической эффективности зданий - удельного расхода тепловой энергии на отопление за отопительный период с учетом воздухообмена, теплопоступлений и ориентации зданий, устанавливают их классификацию и правила оценки по показателям энергетической эффективности как при проектировании и строительстве, так и в дальнейшем при эксплуатации. Нормы обеспечивают тот же уровень потребности в тепловой энергии, что достигается при соблюдении второго этапа повышения теплозащиты по СНиП II-3 с изменениями № 3 и 4, но предоставляют более широкие возможности в выборе технических решений и способов соблюдения нормируемых параметров.

В актуализированной редакции СНиП нормирование теплозащиты и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий осуществляется посредством трех видов требований: требования к теплозащите отдельных ограждений; требования к теплозащите оболочки здания и требования к показателю энергоэффективности здания, в качестве которого принята удельная энергетическая характеристика здания.

Политика в области энергосбережения, реализуемая в нормативных документах в строительстве, насчитывает уже не одно десятилетие, однако существуют многие нерешенные вопросы и проблемы [110].

В проектной документации требования к теплозащитной оболочке зданий приводятся в обязательном разделе «Энергоэффективность». Основные теплотехнические показатели, отражающие теплозащитные свойства здания – это приведенные сопротивления теплопередаче наружных ограждений и кратность воздухообмена помещений. [111]

С введением повышенных требований к теплозащите зданий ряд стеновых конструкций был вытеснен из практики строительства (легкобетонные панели). Зато появились новые – многослойные конструкции с применением эффективных утеплителей.

Многослойные теплоэффективные наружные стены вошли в широкий обиход проектирования и строительства жилых домов и зданий иного назначения после введения новых нормативов по теплозащите.

За последние 20 лет норматив менялся 2 раза - изначально СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» сменил СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника», а после и сам был заменен на СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», который менялся в 2016 и 2020 годах. Каждое изменение опосредовано повышало норматив теплозащиты по наружным стенам строящихся и реконструируемых жилых, общественных и производственных зданий. Общая схема развития нормирования тепловой защиты зданий, изображена на рис.1.

Согласно требованиям, п. 5.1 СП 50.13330.2012 теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенные сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).



Рисунок 1.1 – Структура развития нормирования тепловой защиты зданий в Российской Федерации

При этом требования тепловой защиты для гражданских зданий считаются выполненными при одновременном выполнении требований, а), б) и в).

Таким образом, вводятся три обязательных требования, при этом второе из них («б») является совершенно новым в практике проектирования тепловой защиты. Важным элементом теплового баланса здания является теплоизоляция наружных стен (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**Рисунок 1.2)

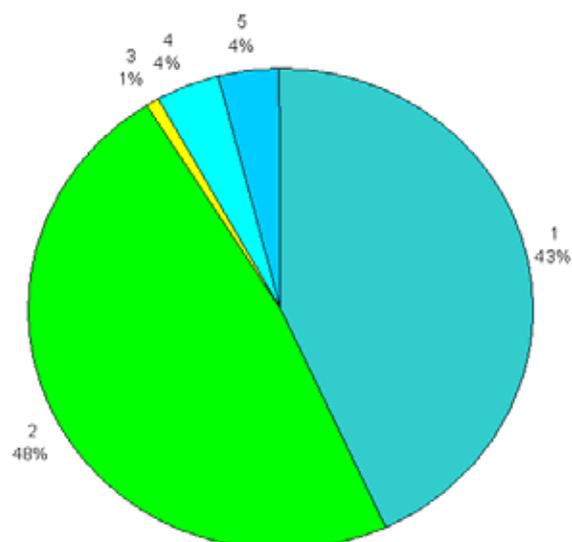


Рисунок 1.2 – Удельные трансмиссионные Теплопотери через ограждающие конструкции (на примере 23-этажного жилого здания в г. Волгограде): 1 — наружные стены; 2 — окна, балконные двери; 3 — входные двери; 4 — перекрытие теплого чердака; 5 — перекрытие над тех этажом

Многообразие конструктивных решений наружных стен, реализуемых в практике строительства, приводит к необходимости сравнительной оценки возможностей решений в условиях холодного климата, с целью выявления наиболее предпочтительных вариантов по эксплуатационной надежности, стоимости, технологичности и долговечности.

Как правило, современные конструкции наружных стен являются многослойными и включают конструктивный и защитно-отделочный слои, между которыми размещается эффективный утеплитель. Для соединения отдельных слоев стены используют гибкие связи, сетки, шпонки, ребра и другие теплопроводные включения, снижающие теплозащиту наружных стен. Однако в целом уровень их теплозащиты выше, чем однослойных.

Реализация новых нормативов по теплозащите сегодня по жилым домам обеспечивает приблизительно двукратное сокращение энергозатрат на отопление.

1.2 Конструктивные решения наружных многослойных стен

Выполненный нами анализ показал, что в практике проектирования и строительства жилых домов и зданий другого назначения в зонах холодного климата в настоящее время применяется пять основных конструктивных решения теплоэффективных наружных стен.

1) Трёхслойная стена на основе штучных стеновых материалов. В трёхслойной стене на основе штучных стеновых материалов - традиционного кирпича, вибропрессованных бетонных блоков, др. - средний утепляющий слой выполняется из эффективных утеплителей. В качестве теплоизоляции используется пенополистирол, минераловатная и стекловолоконная теплоизоляция. Хакасия и Юг Красноярского края сегодня имеют современное производство качественного пенополистирола марки ПСБ-С («Культбытстрой»), который допускается нормами к применению в сочетании с противопожарными преградами в трёхслойных стенах. Из минераловатных утеплителей на объектах Хакасии в значительных объёмах используется базальтоволоконная теплоизоляция марок Rockwool, ТехноНиколь, URSA.

Внутренний и наружный (облицовочный) слои в этом решении связаны гибкими связями (противокоррозионнозащищённая стальная проволока, базальтопластиковые, стеклопластиковые связи). В трёхслойной стене предусмотрена воздушная прослойка между облицовкой и утеплителем. Этот вариант стены хорошо освоен АО «Новый город». Этой организацией в Красноярске возведены десятки жилых домов и гражданских зданий другого назначения до 20 этажей (рис. 1.3, 1.4).



Рисунок 1.3 – Жилой дом №19 по ул. Капитанская 14 ЖК «Южный берег» г. Красноярск

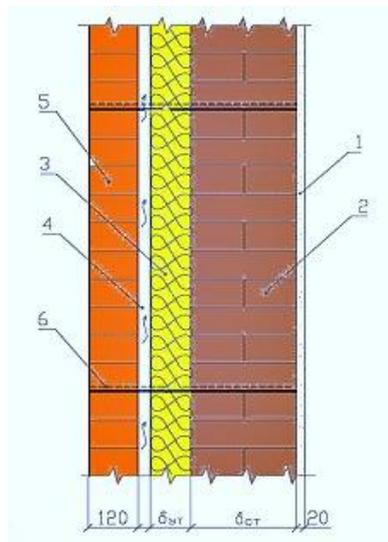


Рисунок 1.4 – Трехслойная стена. 1 – внутренняя отделка; 2 – несущая стена; 3 – теплоизоляция; 4 – вентилируемый зазор; 5 – облицовка из кирпича; 6 – гибкие связи

В условиях холодного климата этот вариант наружной стены оценивается как наиболее капитальный. Однако надёжность и долговечность таких стен предполагает изначально их качественное исполнение и использование кондиционных материалов, так как эта стена малоремонтопригодна.

Укажем на некоторые вопросы, которые могут возникнуть на стадии эксплуатации такой стены в составе здания:

а) неплотности при исполнении теплоизоляционного экрана, допущенные при монтаже, формирование щелей в теплозащитном экране из-за усадки и влажностной осадки теплозащитных плит. Это может со временем привести к снижению теплозащитных характеристик стены, вплоть до конденсата образования на её внутренней поверхности;

б) надежными со сроками службы, соответствующим сроку службы здания, должны быть гибкие связи. Применяющаяся сегодня для антикоррозионной защиты оцинковка стальных связей не отвечает требованиям надежности и долговечности, что может привести на определенном этапе эксплуатации к отказу связей и обрушению облицовки;

в) из надёжных и долговечных плёночных материалов должен использоваться водоотводящий фартук (флашинг), устраиваемый в уровне опорных столиков под облицовку;

г) опорный столик в металлоконструкциях также должен быть надёжно противокоррозионно защищённым. Не является, кроме того, оптимальным применение облицовок с поэтажной разрезкой и поэтажным устройством опорных столиков, так как это связано с высокой трудоемкостью устройства облицовок;

д) нарушения герметичности при монтаже или эксплуатации примыкающих оконных блоков при сопряжении с трехслойной стеной могут привести к замачиванию межслоевого объема стены со всеми вытекающими последствиями

2) Трёхслойная стена в панельной серии 121 у. Такая стена включает внутренний несущий слой в виде панели из тяжёлого бетона, устанавливаемый на консольный перфорированный столик из железобетона, слой теплоизоляции и облицовочный слой в $\frac{1}{2}$ кирпича или бессеровский блок, монтируемые на том же опорном столике (Рисунок 1.5). Облицовочный и внутренний слои связаны между собой гибкими связями. Другое решение облицовки - панель из тяжелого бетона толщиной 100 мм.

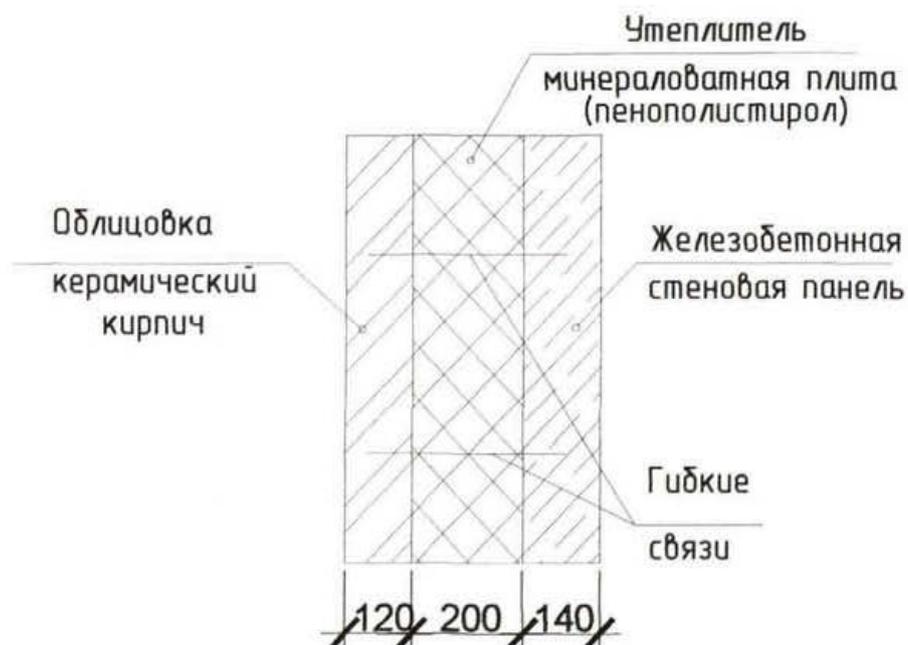


Рисунок 1.5 – Структура теплоэффективной наружной стены в составе панельной стены

Конструкция в целом дееспособная и себя оправдывает. Она позволила сегодня сохранить в Хакасии и на юге Красноярского края крупнопанельное домостроение в объеме порядка 600 тыс. м² в год (Рисунок 1.6).

Однако в этом решении объективно слабым звеном является опорный столик из конструкционного керамзитобетона класса прочности В15, состоящий из тонкостенных элементов. При замачивании конденсатной влагой, сезонном замораживании и оттаивании, опорный столик имеет вопросы по эксплуатационной надежности и долговечности.

Нельзя считать также решение наружной стены с поэтажной разрезкой облицовки и ее поэтажным опиранием на опорные столики рациональным по технологичности.



Рисунок 1.6 – ЖД №6 стр.1 по ул.Курчатова г.Красноярск

3) Трёхслойная стена по системе «Вентилируемый фасад». В Хакасии и Красноярском крае реализуется в нескольких вариантах - по системам «Тимспан», «Краспан», с применением экранов из керамогранита, металлоэлементов. Конструкция сочетается с монолитным каркасом и включает внутренний слой в любом плотном конструкционном материале (в сочетании с каркасом - стена-заполнение), систему силовых навесок в оцинкованном металле, теплоизоляционный слой и облицовочный экран, отнесённый наружу на толщину воздушной прослойки (Рисунок 1.7 и Рисунок 1.8).

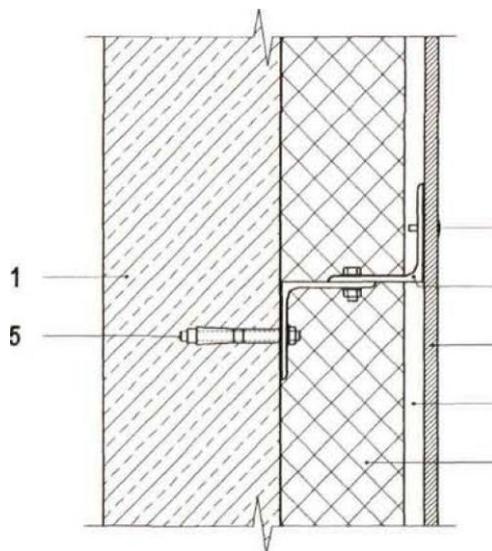


Рисунок 1.7 – Структура теплоэффективной наружной стены типа «вентилируемый фасад»: 1 - стеновая ограждающая конструкция; 2 - теплоизоляционный материал; 3 – воздушная прослойка; 4 - защитно-декоративная панель; 5-7 - металлические или деревянные подконструкции

Достоинства системы - всесезонность строительства, т. к. отсутствуют мокрые процессы; удовлетворительная ремонтпригодность (сравнительно легко демонтировать несколько листов экрана по проблемной площади наружных стен, устранить дефекты и поставить экран на место); эффективное и быстрое устранение влаги любого происхождения за счёт интенсивности циркуляции воздуха в воздушной прослойке.

Имеющиеся вопросы по системе «Краспан» - высокая стоимость единицы площади стены при использовании импортных материалов, необходимость в большой толщине теплоизоляции в силу низкого коэффициента теплотехнической однородности стены, обеспечение коррозионной стойкости и долговечности металлических подконструкций, блокирование воздушных прослоек между экраном и теплоизоляцией снегом, льдом в силу значительной площади зазоров и щелей в структуре элементов.

При использовании системы «Вентилируемый фасад» в сочетании с крупноразмерными фиброцементными листами (типа Этернит, Семстоун, Фасст) в процессе эксплуатации существует проблема усадочного коробления листов. Существуют вопросы пожароопасности при использовании в

этом решении пароветрозащитных пленок «Tyvek» поверх теплоизоляционного слоя.

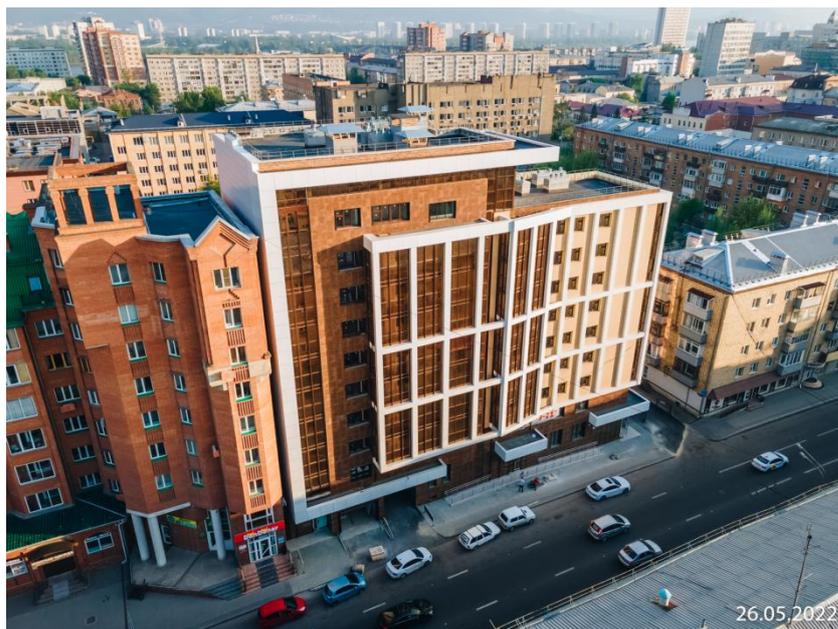


Рисунок 1.8 – ЖД по ул.Ленина 25 г. Красноярск, с вентилируемым фасадом

4) Фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке.

В качестве теплоизоляции применяются плотные жёсткие утеплители, по которым возможна установка штукатурных слоев, включающих базовый слой с втопленной синтетической сеткой, грунтовочный и отделочный слои (Рисунок 1.9 и Рисунок 1.10). Эти утеплители - пенополистирол, минераловатные плиты повышенной жёсткости. Фасадная теплоизоляция с использованием пенополистирола, а сегодня разрешена по пожарной безопасности к применению в строительстве на территории России совместным разрешительным письмом Госстроя РФ и ГУГПС МВД РФ №№13-256и №20/2.2/1043 от 28.04.1998 г.

По данному техническому решению существует вопрос стойкости фасадных штукатурок, вопросы по влажностному состоянию стены в цикле эксплуатации с применением пенополистирола, обладающего низкой паропроницаемостью.

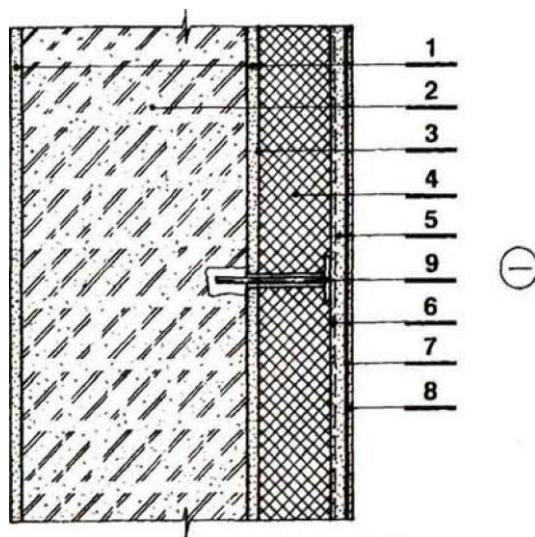


Рисунок 1.9 – Структура теплоэффективной наружной стены в виде фасадной теплоизоляции с оштукатуриванием по сетке: 1 - отделка внутренней поверхности стены; 2 - стеновая ограждающая конструкция (керамзитобетонная панель); 3 - крепление теплоизоляции (клеевой состав); 4 - теплоизоляция; 5 выравнивающий слой штукатурки; 6 - армирующая стекловолоконная сетка; 7 – грунтовка выравнивающего слоя под декоративный; 8 - декоративно-штукатурный слой; 9– анкерные дюбель



Рисунок 1.10 – Трибуна Стадиона "Авангард" в г.Красноярске, утепленная по системе "Мокрый Фасад"

5) Стена на основе ячеисто бетонных блоков. Апробированной и надёжной является наружная стена на основе автоклавных газобетонных блоков. Это технологичный и сравнительно дешёвый вариант наружной тепло-

эффективной стены и его применение в проектировании и строительстве будут расширяться по мере расширения производства ячеистых бетонов.

Ячеистобетонные блоки со средней плотностью 400-600 кг/м³ обеспечивают в зоне холодного климата решение наружной стены, отвечающей новым нормативам по теплозащите для жилых домов при толщине наружной стены в 40-60 см. Отметим, что в наружных стенах зданий может быть рекомендован лишь автоклавный газобетон как имеющий приемлемую усадку 0,3-0,5 мм/м, но не неавтоклавный пенобетон в силу его высокой усадки (до 3-6 мм/м), приводящей к усадочному растрескиванию стен, потерям теплозащитных и прочностных показателей наружных стен.

По данному варианту теплоэффективной стены существуют вопросы, связанные с ее влажностным состоянием и методами гидроизоляционной защиты фасада.



Рисунок 1.11 – Газобетонные дома в пос.Дрокино Красноярского края

Таким образом, весь объем технических решений теплоэффективных наружных стен зданий, применяемых в практике проектирования и строительства в Республике Хакасия и Красноярском крае, имеет неблагоприятия

и дефекты, связанные как с конструктивными несовершенствами, так и с качеством применяемых материалов, снижающих эксплуатационную надежность и долговечность стен и зданий в целом. Ряд дефектов может быть устранен в цикле эксплуатации с восстановлением эксплуатационной пригодности. При приемлемом межремонтном периоде и ремонтпригодности стены затраты на промежуточный ремонт и восстановление могут быть существенно (в несколько раз) ниже эффекта от снижения энергозатрат на отопление и такая ситуация приемлема с технико-экономической точки зрения.

В других случаях отказ одного из элементов или теплоэффективной стены в целом сопряжен с высокими затратами и не окупится за счет снижения энергозатрат на отопление. Такой вариант стены не может иметь перспективы на применение в проектировании и строительстве.

1.3 Особенности эксплуатации наружных многослойных стен в условиях холодного климата

К основным недостаткам многослойных наружных стен следует отнести:

- пониженный коэффициент теплотехнической однородности стены, обусловленный наличием теплопроводных включений в виде строительных элементов из бетона и других материалов (металлические связи);
- теплотери через междуэтажные диски перекрытий могут составлять до 50 % от общих теплотерь стены;
- раздельная деформация слоев: температурные деформации внутреннего железобетонного каркаса и наружной кирпичной кладки будут существенно различаться (железобетонные конструкции будут всегда работать только при положительных температурах, поскольку весь каркас закрыт средним теплоизоляционным слоем, а лицевую кладку придется осуществлять зимой практически при отрицательной температуре);
- данные системы обладают ограниченными возможностями для выравнивания фасадов при отступлении от проектных отметок (если каркас вы-

полнен с отступлением от проектных отметок по вертикали, то выровнять его при помощи кладки очень сложно);

- высокая трудоемкость возведения;
- большой объем скрытых видов работ;
- трудность соблюдения в процессе кладки предусмотренных проектом размеров горизонтального шва между верхним рядом кладки и перекрытием;
- практически неремонтопригодные (даже при небольшом объеме ремонтно-восстановительных работ потребуется полный демонтаж системы);
- допуски при возведении железобетонных конструкций не соответствуют требованиям, например, перекрытий, выступает, а часть «утоплена», поэтому опирание облицовки во многих случаях составляет 2-3 см вместо 10-12 см по проекту. [112]

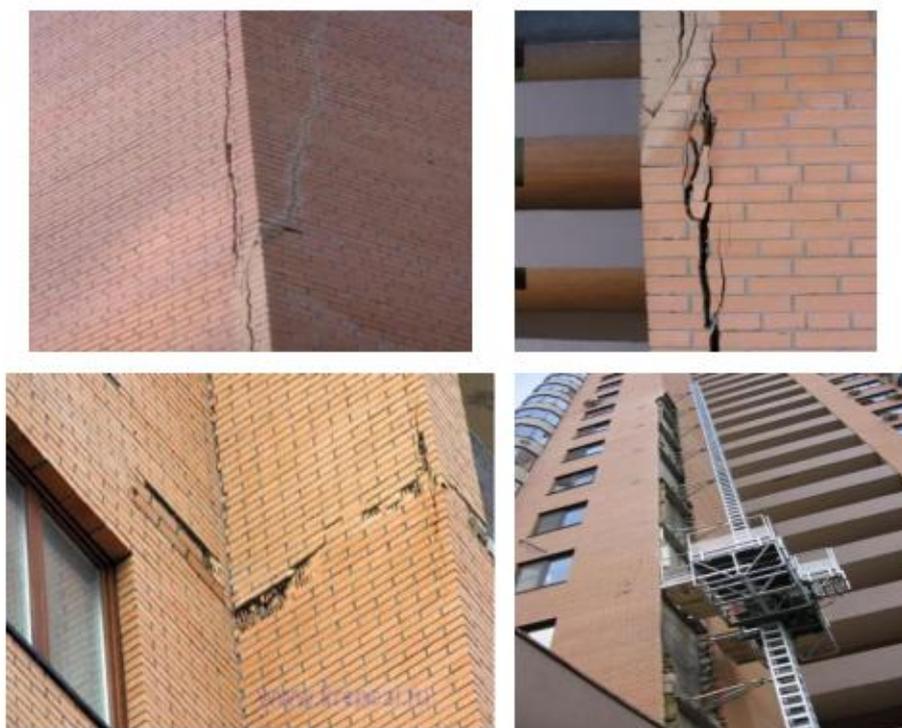


Рисунок 1.12 – Иллюстрация проблем многослойных кирпичных фасадов¹

Разрушение поверхностных слоев наружных ограждающих конструкций приводит не только к необходимости ремонта поверхности, но может

¹ Ищук М.К., Зуев А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния лицевого слоя из кирпичной кладки при температурно-влажностных воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. – № 3. – 2007. – С. 40-43

привести и к капитальному ремонту всего ограждения (рис.1.12). На рисунке 1.13 видно разрушение защитного слоя керамзитобетонной панели, в которой слой резких колебаний температуры совпал с положением арматурной сетки. На рисунке 1.12 видно разрушение лицевого щелевого керамического кирпича в результате накопления конденсационной влаги в пустотах у наружной поверхности.



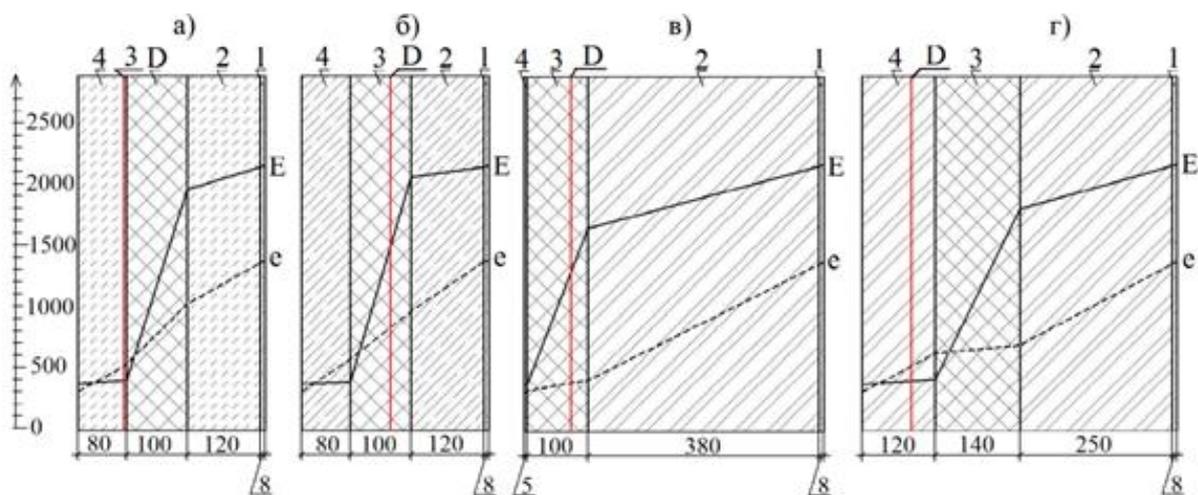
Рисунок 1.13 – Разрушение поверхностного слоя керамзитобетонной панели

Долговечность поверхностных слоёв наружных ограждающих конструкций зависит от их температурно-влажностного состояния в холодный период года. В свою очередь, температурно-влажностное состояние наружных ограждающих конструкций зданий зависит от многих факторов. Прежде всего, от нестационарных климатических воздействий в холодный период года, а также от температуры и влажности воздуха внутри помещения, от свойств материалов из которых состоит конструкция, от расположения плотных и пористых слоёв конструкции по отношению к потокам тепла и влаги.

Основной причиной разрушения конструкций из пористых материалов является попеременное замерзание и оттаивание материала увлажненного сверх сорбционной влагой, например, в результате термической конденсации. Известно, что процесс увлажнения гигроскопической влагой (сорбционное увлажнение) происходит от мелких пор к более крупным. При термической конденсации увлажняются все свободные поры, как правило, наиболее

крупные. При этом, температура замерзания сорбционной влаги в мелких порах значительно ниже температуры замерзания свободной воды, находящейся в крупных порах. Поэтому, наибольшее влияние на деструкцию пористого материала при переменном замерзании и оттаивании играет влага, сконденсированная в порах в результате термической конденсации. Понятно, что наиболее интенсивно этот процесс будет идти, если зона конденсации совпадает с зоной резких колебаний температуры. [112]

Основным фактором, влияющим на разрушение поверхностных слоев наружных стен в условиях эксплуатации, являются переменные температурно-влажностные воздействия наружной среды в зимний и зимне-весенний интервалы года. В этот период происходит накопление влаги в конструкции за счёт термической конденсации, которое происходит, как правило, в зоне отрицательных температур (рис. 1.14).



а) – 3-х слойная ж/б панель (1 - цементно-песчаный раствор; 2 – железобетон; 3 - минеральная вата; 4 – железобетон) , б) – 3-хслойная к/б панель (1 - цементно-песчаный раствор; 2 – керамзитобетон; 3 - минеральная вата; 4 – керамзитобетон), в) – двухслойная кирпичная стена (1 - цементно-песчаный раствор; 2 – полнотелый силикатный кирпич; 3 - минеральная вата; 4 – цементно-песчаный раствор); г) – трёхслойная кирпичная стена (1 - цементно-песчаный раствор; 2 – полнотелый силикатный кирпич; 3 - минеральная вата; 4 – полнотелый силикатный кирпич)

Рисунок 1.14 – Зоны конденсации влаги и экстремальных температур в многослойных стенах

В условиях холодного климата юга Сибири данная проблема может привести к разрушительным последствиям для облицовочной версты многослойной кладки. Вследствие этого можно предполагать, что наружные многослойные стены являются неэффективным решением с позиции эксплуата-

ционной надежности именно для условий холодного климата в связи с низкой долговечностью и неремонтопригодностью утеплителя.

1.4 Инновационные разработки в области теплоэффективных стен

Научные исследования последних лет провели следующие инновационные разработки в области теплоэффективных стен:

Прозрачная теплоизоляция (ПТИ) - Название «прозрачная теплоизоляция» относится к классу теплоизоляционных материалов, свободно пропускающих солнечный свет.

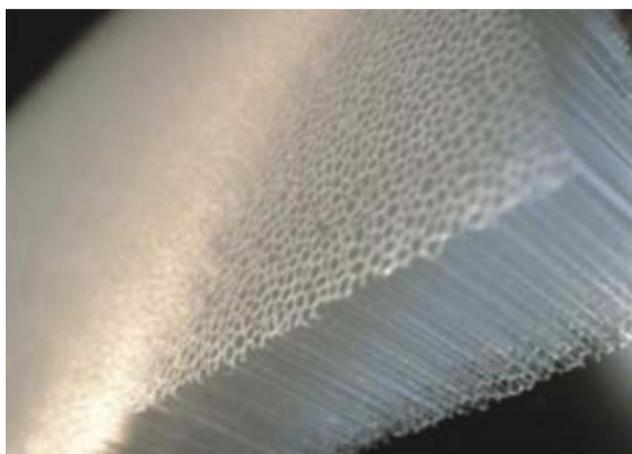


Рисунок 1.15 – Панель прозрачной теплоизоляции

Дома с такой системой теплоизоляции могут эффективно использовать энергию солнца для отопления. Такой способ утепления фасадов зданий позволяет, во-первых, минимизировать тепловые потери и, во-вторых, получать энергию для отопления помещений, абсорбируя и накапливая энергию солнечного света. Понятие ПТИ включает в себя обширную группу светопрозрачных материалов, например, акриловую пену, капиллярное стекло, сотовый поликарбонат.

Кроме прозрачности, общими свойствами этих материалов являются: пористая или трубчатая структура – они примерно на 95% состоят из воздуха, благодаря чему они обладают великолепной теплоизоляцией; очень мелкий размер пор, из-за чего в них практически отсутствует конвекция воздуха; и эти материалы непрозрачны для теплового излучения. Слой такого мате-

риала толщиной 20 мм в 3 раза лучше сохраняет тепло, чем толстая кирпичная стена толщиной 510 мм. Наилучшими свойствами обладают материалы, называемые аэрогелями, в частности, силикагель – материал на основе кремниевой кислоты. Размер микропор в силикагеле намного меньше длины волны видимого света, и вследствие малого рассеивания образцы толщиной 12мм на 10% прозрачнее, чем двухслойное остекление. Способов применения:

- Прозрачная теплоизоляция размещается перед массивной стеной из бетона или иного тяжелого материала, наружная сторона которой окрашивается в черный цвет, и которая играет роль накопителя тепловой энергии. Солнечное излучение проникает сквозь ПТИ и на черной поверхности стены преобразуется в тепловую энергию. Стена, в свою очередь, постепенно отдает тепло внутрь здания.

- Наружные стены, сочетающие в себе обычные окна и ПТИ - это значительно увеличивает их светопропускание. На самом деле, здания, которые кажутся полностью состоящими из стекла, это – навесные стеклянные фасады, за которыми скрываются массивные стены с окнами обычного размера. И лишь ПТИ дает реальную возможность без ущерба для сохранения тепла и теплового комфорта людей делать стены практически полностью прозрачными, открывая архитекторам новые, неизвестные ранее возможности.

Аэрогель - представляет собой необычный гель, в котором отсутствует жидкая фаза, полностью замещенная газообразной, вследствие чего вещество обладает рекордно низкой плотностью, всего в полтора раза превосходящей плотность воздуха, и рядом других уникальных качеств: твердостью, прозрачностью, жаропрочностью и т.д. Аэрогель на 99,8% состоит из воздуха.

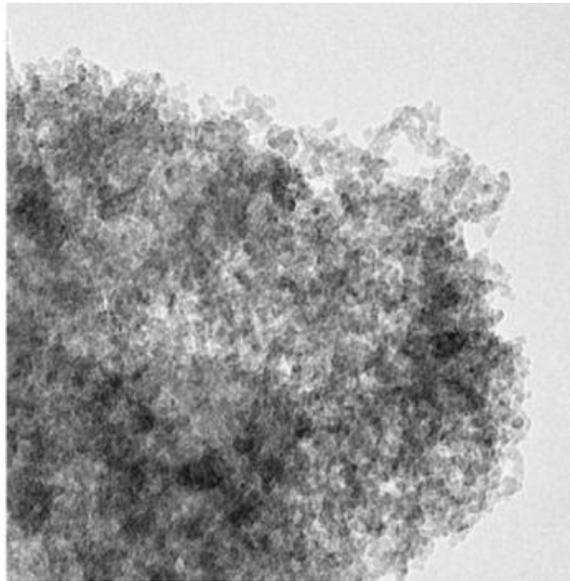


Рисунок 1.16 – Аэрогель

Уникальные свойства аэрогеля объясняются его не менее уникальной внутренней структурой. Аэрогель представляет собой трехмерный кластер с размером элементов около 4 нм и характерным размером поры 10 нм. Таким образом, макроскопический аэрогель представляется сплошным однородным веществом, что выгодно отличает его от таких пористых сред как различные пены. Поскольку размер неоднородностей в аэрогеле много меньше длины волны видимого света, аэрогель прозрачен. Оксид кремния (кварц, стекло) один из самых прочных материалов, известных человечеству. Тут с ним могут поспорить разве что сапфир и алмаз. Поэтому несмотря на крайне разреженную структуру, аэрогель достаточно механически прочен. Аэрогель - пожалуй, самый лучший из теплоизоляторов. Крайне "запутанная" структура задерживает тепло лучше любых пен или стекловаты. В основном аэрогель использовался в космической промышленности, в том числе и для теплоизоляции. В традиционной промышленности и в быту применения он не находил в виду его высокой хрупкости.

Пенометал – металл (сплав) ячеистой структуры, новый класс материалов. Наиболее распространены пенометаллы на основе сплавов алюминия и магния. Пенометаллы производятся из расплавленных металлов путем впрыска газов (воздуха, инертных газов), либо путём стимулирования местного образования газов введением газвыделяющего реактива

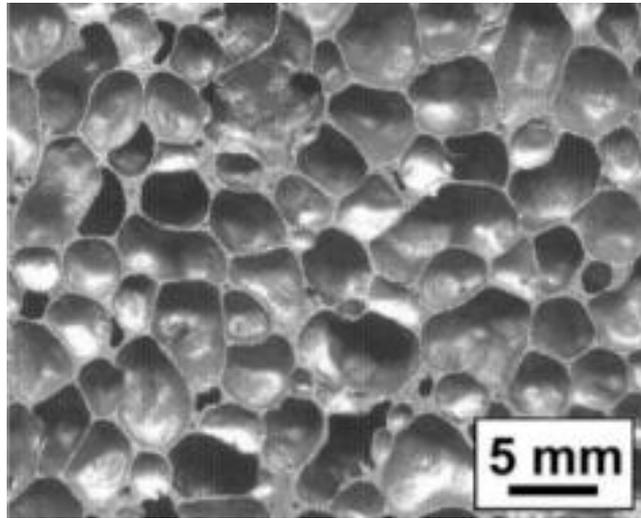


Рисунок 1.17 – Пенометал

(TiH₂). Существует технология получения пенометаллов из смеси порошкообразных сплавов и газвыделяющего реактива.

Вакуумная изоляция - Вакуумная изоляция впервые была создана для целей космического строения.



Рисунок 1.18 – Панель с вакуумной изоляцией

На сегодня это самая эффективная, но самая дорогая и сложная изоляция. Представляет из себя прямоугольные панели стандартного размера, обтянутые фольгой и имеющие внутри себя вакуумное пространство.

Преимущества: Благодаря отсутствию молекул внутри панели, передать тепло/холод от одной стенки к другой, некому. Соответственно, практически 100% эффективность. Однако имеет серьезные недостатки – высокая цена, невозможность менять размер, сложность изоляции стыков панелей, хрупкость, отсутствие ремонтпригодности.

Теплоизоляционная краска – это инновационный энергосберегаю-

щий материал, который представляет собой композит на полимерной основе, состоящий из полых керамических микросфер. Этот материал всё чаще используется в строительной сфере вместо традиционных утепляющих материалов. Основное достоинство жидкой керамической краски — тонкий слой покрытия при высоких гидро- и термоизоляционных характеристиках.

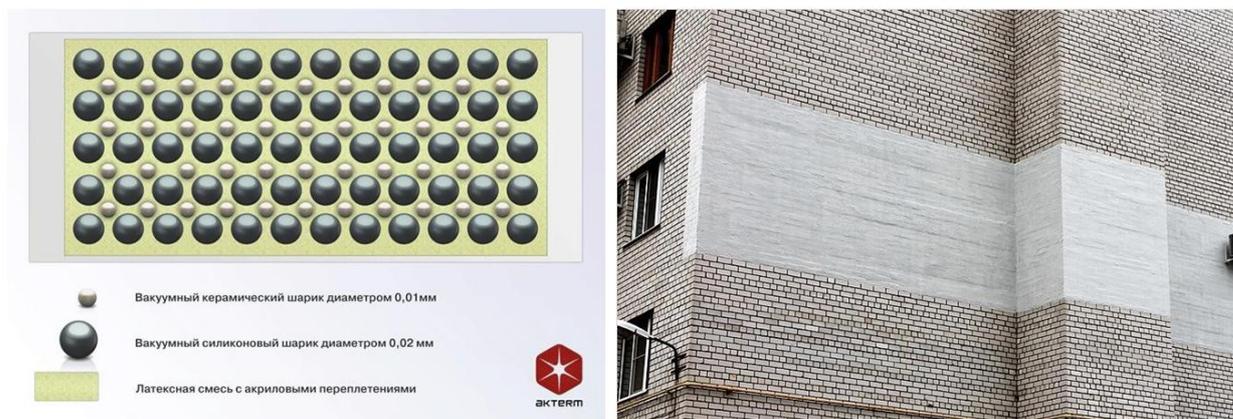


Рисунок 1.19 – Теплоизоляционная краска

Работы по утеплению помещения напоминают процесс окраски. В рабочем состоянии материал представляет собой жидкую консистенцию, наносится теплоизоляционная краска согласно инструкции, при помощи пульверизатора или кисточки. Жидкая керамика широко применяется для утепления фасадов благодаря своей надёжности и долговечности.

Этот материал обладает повышенной эластичностью, поэтому даже при резких перепадах температур на нём не образуются микротрещины. Срок эксплуатации Теплокраски — более 20 лет, а характеристики температуры - 70°C, +260°C. Теплокраску можно колеровать, что даёт возможность немного поэкспериментировать с экстерьером здания. В состав входят антибактериальные вещества, исключая риск появления паразитов, плесени, болезнетворных микробов. Благодаря отличным огнезащитным свойствам, краска уберёт материал от возможных возгораний. Основные достоинства теплоизоляционной краски:

- обеспечение долговечной тепло- и гидроизоляции;
- надёжная защита от коррозионных процессов и появления микроорганизмов;

- устойчивость к внешним физико-химическим факторам;
- удобство при транспортировке;
- материал практически не сокращает объём обрабатываемых поверхностей и их вес.

Из недостатков стоит отметить, что

- заменить весь утеплитель краской нельзя, однако снизить расход тепла — реально;
- очень высокая цена на керамическую теплоизоляцию, сравнительно с ценами на пеноизол, полипропилен, теплоизоляционные цилиндры. Но стоимость работ обойдётся гораздо дешевле за счёт более простой технологии.

Материал с изменяющимся фазовым состоянием PCM (phase changing materials)

могут поглощать избыточное летнее тепло и обеспечивать таким образом комфортную температуру в помещениях. Это означает, что затраты на кондиционирование воздуха могут быть значительно снижены, а при правильном планировании – и вовсе исключены.



Рисунок 1.20 – PCM (phase changing materials)

Компания H+N Celcon, которая производит изделия из газобетона, впервые включила Micronal PCM – материал с изменяющимся фазовым состоянием от BASF – в состав блоков из вспененного цемента. Это значительно повысило теплоаккумулирующую способность блоков CelBloc Plus, производимых этой компанией. Благодаря пористой структуре, строительные

материалы из газобетона обладают прекрасными термоизоляционными, звукоизоляционными и жароупорными свойствами. Добавка материала с изменяющимся фазовым состоянием Micronal PCM повышает теплоаккумулирующую способность вспененного бетона, а, следовательно, и построенных из него зданий. В результате в зданиях, построенных на принципах современных легких конструкций, климат внутри значительно лучше и здоровее. Принцип действия Micronal PCM компании BASF представляет собой скрытый микро инкапсулированный накопитель тепла, который действует по следующему принципу: микроскопически малые полимерные капсулы, внутри которых находится вещество, содержащее чистый воск, так называемые материалы с изменяющимся фазовым состоянием, вводятся в сухую гипсовую штукатурку во время ее изготовления. Если температура в помещении превышает температуру перехода 26°C , заданную при изготовлении, воск внутри капсул плавится и поглощает излишки тепла. С другой стороны, если температура снижается, воск затвердевает, и капсулы отдают тепло обратно. Разница между дневной и ночной температурой обеспечивает попеременную последовательность плавления и отверждения. Таким образом, Micronal PCM помогает поглощать дневную пиковую температуру.

В работе Назирова Р.А. исследовался эффект от реконструкции многоэтажного жилого дома с PCM в климатах Торонто и Ванкувера. Наружные стены здания состояли из панелей с экструдированным пенополистиролом. В моделирование, реализуемое в EnergyPlus, этаж дома состоял из четырех смежных друг с другом комнат $5 \times 5 \times 3$ м. В качестве материала с фазовым переходом был выбран BioPcm с температурой плавления 25°C . Выполнены комбинации: без PCM, с PCM на полу и с PCM на полу и стенах. В расчетах среди прочих факторов учитывалась работа вентиляции. Установлено, что в случае третьей комбинации, в зависимости от ориентации комнаты, для Торонто возможна экономия энергии на охлаждении $15,8\%$ - $29,2\%$, а для Ванкувера $19,3\%$ - $59,4\%$. Авторы связывают большую экономию в последнем случае с более низкими температурами летом, вследствие которых небольшой избыток тепла мог быть поглощен PCM без переполнения его теплоемкости

(при неполном плавлении). Но, как и в Торонто, материал с фазовым состоянием зимой в Ванкувере смог предоставить лишь небольшое снижение спроса на отопление в юго-восточной комнате (не более 6%), что говорит о том, что РСМ практически не применим для объектов холодного климата, но хорошо зарекомендовал себя в условиях Средиземноморья.

1.5 Выводы по первой главе

Выполненный литературный обзор позволяет сделать следующие выводы:

1. Пересмотр нормативной базы в области тепловой защиты привел к необходимости совершенствования конструктивных решений стен. Многослойные теплоэффективные стены стали применяться в различных климатических условиях страны.

2. В практике проектирования и строительства жилых домов и зданий другого назначения в зонах холодного климата в настоящее время применяется пять основных конструктивных решения теплоэффективных наружных стен.

3. В условиях холодного климата многослойные наружные стены показывают относительно низкую эксплуатационную надежность в связи с неремонтопригодностью утеплителя. Дефекты утеплителя и наружной облицовочной версты связаны с накоплением влаги за годовой цикл в толще теплоизоляции.

2 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СОСТАВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ СТЕН

2.1 Анализ температурно-влажностного состояния материалов в составе многослойных наружных стен различных типов при эксплуатации в условиях холодного климата

Внешние факторы действуют на наружные стены здания отдельно и в различных сочетаниях в зависимости от величины интенсивности воздействия основных климатических параметров: температуры наружного воздуха, интенсивности солнечной радиации, скорости ветра, воздействия осадков (дождя, снега, града).

Общая схема физико-климатических воздействий на стены зданий приведена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 - Основные физико-климатические воздействия на стены зданий

Исходя из перечисленных климатических факторов, можно выделить семь основных причин, вызывающих физико-химическое и механическое разрушение материалов наружных стен зданий:

- чередующееся замораживание и оттаивание;
- чередующееся увлажнение (капельножидкое) и высушивание;
- длительное воздействие пониженных температур;
- длительное воздействие повышенных температур;
- солнечная радиация;
- ветровая нагрузка;
- карбонизация атмосферной углекислотой.

В рамках рассматриваемой темы проводилось численное моделирование и расчет влагонакопления в наружных многослойных стенах для условий холодного климата (рис. 2.2). В качестве территории исследования принят г. Абакан и г. Кызыл для сравнения кинетики влагонакопления в зависимости от температуры наружного воздуха.



Рисунок 2.2 – Климатические параметры принятых районов исследований

Сравнительный анализ климатических параметров показывает существенную разницу в температурных режимах холодного периода года.

Таблица 2.1 – Расчет накопления влаги в наружной ограждающей конструкции в условиях холодного климата

Характеристика несущего слоя стены	Характеристика накопления влаги в зависимости от вида утеплителя	
	Минераловатный	Экструдированный пенополистирол
Для условий г. Абакана		
Кирпич 380 мм		
	Газобетон 300 мм	
Для условий г. Кызыла		
Кирпич 380 мм		
	Газобетон 300 мм	

Анализ полученных данных показывает, что зона влагонакопления в наружной многослойной стене зависит от вида и характера пористости утеплителя. В кирпичных стенах зона конденсации влаги располагается для г. Абакана располагается в толще утеплителя. Для г. Кызыла зона конденсации влаги перемещается вглубь стены и затрагивает несущую часть.

Данные графики позволяют сделать вывод, что все детали крепления утеплителя и облицовочной версты будут находиться во влажном состоянии в зимний период, что приведет к их разрушению в гораздо более быстрый период.

Таблица 2.2 – Результаты теплотехнического расчета и расчета на паропроницаемость

Конструкция стены с различными утеплителями	Расчетное сопротивление теплопередаче	Нормативное сопротивление теплопередаче для г. Абакана	Условия паропроницаемости	Точка росы
Пенополиуретан	5,32	3,58	Не выполняются	Возможно выпадение конденсата в конструкции ограждения.
Пенополистирол	4,32		Выполняются	
Пенопласт	2,88		Не выполняются	
Мин. вата	3,28		Не выполняются	
Эковата	3,87		Не выполняются	

При использовании в качестве утеплителей пористых материалов без дополнительной пароизоляции, как это часто практикуется в г. Абакане, обеспечение невыпадения конденсата не осуществляется. В связи с чем миграция влаги в наружных слоях будет происходить непрерывно в течение холодного периода года.

2.2 Оценка долговечности работы теплоизоляционных материалов в структуре многослойных стен

Конструкция многослойной стены в условиях холодного климата не обеспечивает отвод влаги из утеплителя, что в течение 10–15 лет эксплуатации приведет к полной потере теплозащитных свойств наружного ограждения. Минераловатный утеплитель во влажном состоянии приходит в состояние нарушенной структуры. Волокна начинают комковаться, образуя плотный каркас.

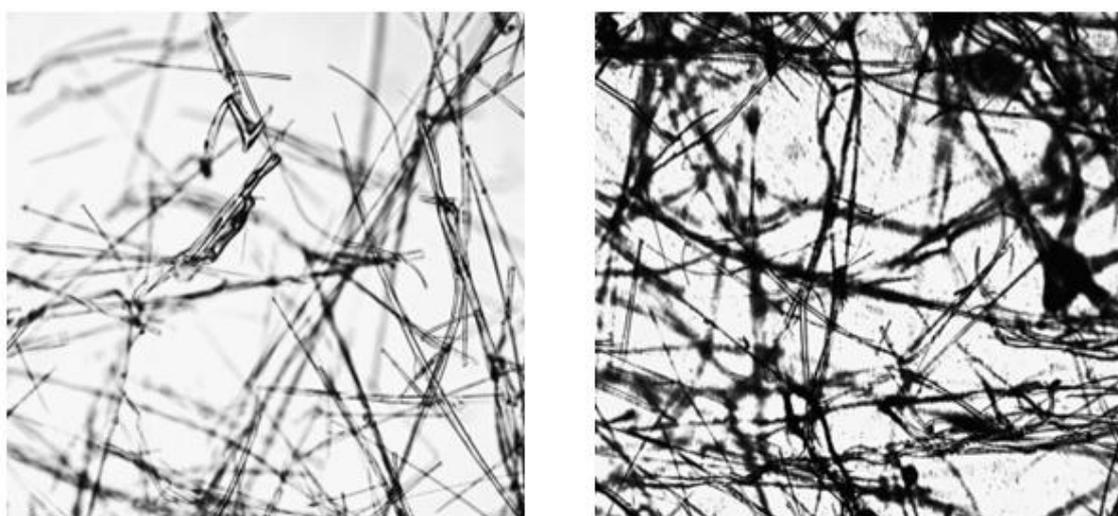


Рисунок 2.3 - Микрофотографии увлажненной минераловатной плиты (в проходящем свете, увеличение 100х)

На микрофотографии видно, что волокна в сухом состоянии разбросаны хаотично, а после увлажнения волокна скомковались. (Рисунок 2.3)

Таблица 2.3 – Сводная таблица результатов натуральных испытаний

Название образца	Плотность, кг/м ³	Исходный коэффициент теплопроводности, Вт/мК	Коэффициент теплопроводности в увлажненном состоянии, Вт/мК
Пенополиуретан	60	0,023	0,023
Пенополистирол	45	0,032	0,035
Пенопласт	25	0,059	0,059
Мин. вата	65	0,047	0,047
Эковата	50	0,036	0,039

Конденсация влаги в утеплителе приводит к увеличению коэффициента теплопроводности и снижению теплозащитных свойств.

В результате экспериментальных исследований было выявлено, что срок службы заявленный в ТУ, не соответствует сроку службы после проведения натурных испытаний для конкретных климатических условий, а именно для Республике Хакасия. Результаты представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4- Рассчитанный срок службы

Название образца	Плотность, кг/м ³	Срок службы заявленный в ТУ ,лет	Срок службы после натурных испытаний на влажность и морозостойкость	Разница, лет
Пенополиуретан	60	40	36,8	3,2
Пенополистирол	45	20	16,4	3,6
Пенопласт	25	20	19,6	0,4
Мин. вата	65	35	34,3	0,7
Эковата	50	30	22,5	7,5

Данные об изменении долговечности получили, опираясь на выявленную зависимость изменения коэффициентов теплопроводности от влажности и морозостойкости.

2.3 Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность многослойных стен

В России в силу начального этапа применения многослойных теплоэффективных стен их эксплуатационная надёжность и долговечность малоизучены. При этом тепло эффективные наружные стены не всегда доступны для наблюдения в процессе эксплуатации за техническим состоянием отдельных элементов и стен в целом. [4]

Выполним анализ влияния основных факторов на эксплуатационную надёжность отдельных элементов трёхслойных тепло эффективных наруж-

ных стен на основе штучных материалов с прогнозной оценкой долговечности таких стен.

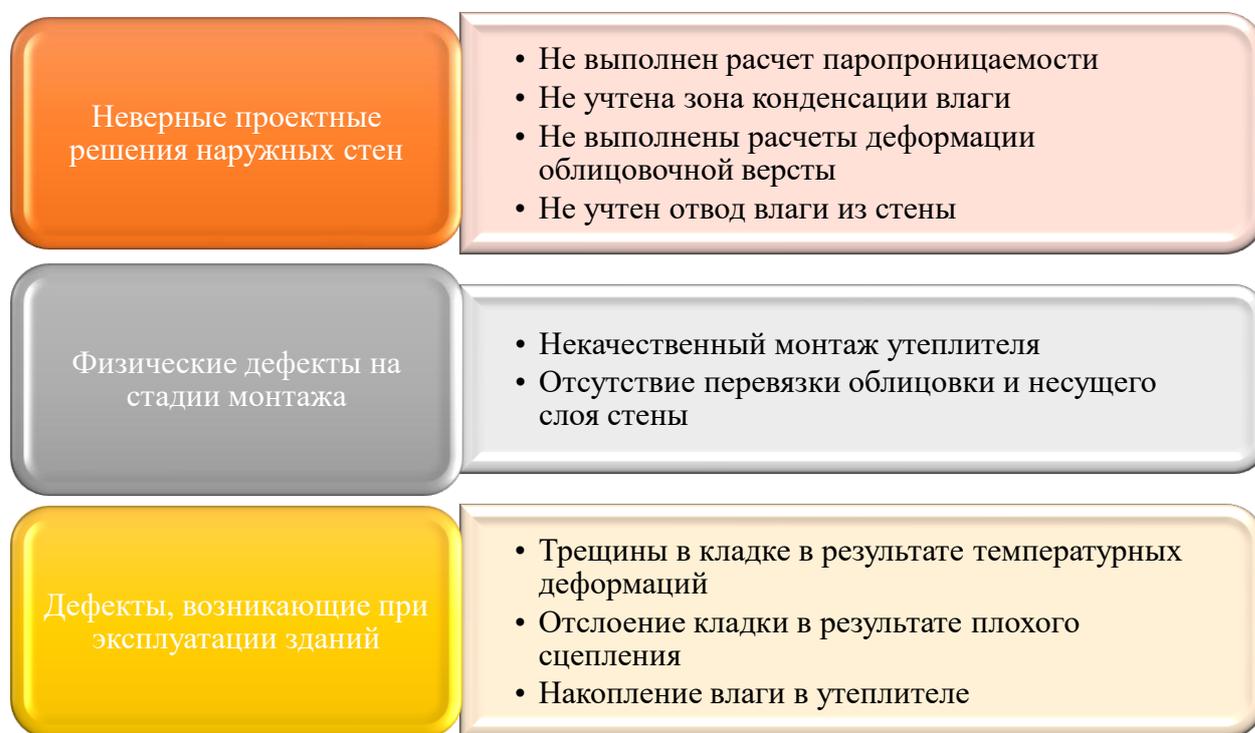


Рисунок 2.4 – Факторы, влияющие на надежность многослойных стен

Трёхслойная тепло эффективная наружная стена – это многоэлементная конструкция, состоящая из семи элементов:

- внутренний несущий слой;
- теплоизоляционный слой;
- облицовочный слой;
- гибкие связи;
- воздушная прослойка, исполняющая вентиляционную и дренажную функции;
- опорный столик под облицовочный слой;
- водоотводящий фартук (флашинг) над опорным столиком для отвода конденсационной влаги из межслоевого пространства. Наличие семи элементов делает данный тип кладки стен более уязвимой с точки зрения общего

количества факторов, оказывающих влияние на эксплуатационную надёжность и долговечность отдельных элементов и стены в целом.

Работоспособность и долговечность внутреннего слоя в этой конструкции наружной стены весьма высока и превосходит эти показатели для многослойных стен. Предопределяется это тем важнейшим обстоятельством, что внутренний слой в течение всего срока эксплуатации объекта, будучи блокированным полномерным слоем теплоизоляции, находится в комфортном режиме положительных температур. Материал внутреннего слоя не подвергается поверхностному замачиванию и осушению, циклическому замораживанию и оттаиванию в переходные периоды года. Точка росы, как правило, в данном случае находится в слое теплоизоляции (минераловатная теплоизоляция, пенополистирол), а стена не накапливает влагу в годовом цикле и не получает дополнительного увлажнения в зимнем цикле, т.е. не ухудшает своих теплотехнических свойств во времени. Единственным негативным фактором для конструкционного (штучного) материала стены, эксплуатирующего в позитивных условиях, остается физическое старение. Безотказность (сохранение работоспособности) материала внутреннего слоя для всех видов стеновых материалов в данном случае будет превосходить нормативный срок службы здания.

В существенно более тяжёлых условиях эксплуатируется облицовочный слой трёхслойной стены на основе тех же стеновых материалов. Для этого сравнительно тонкого слоя (120 мм – для силикатного и керамического кирпича) характерно поверхностное и даже на всю глубину периодическое замачивание-осушение от действия дождя, сочетающееся с циклическим замораживанием-оттаиванием в переходные периоды года «осень-зима», «зима – весна». При использовании облицовочных штучных материалов с невысокой морозостойкостью (F15 – F25) безотказность облицовки стен может оказаться ниже нормативного срока в пределах 30-40 лет.

Можно оценивать два вышеназванных элемента трёхслойной стены на основе штучных стеновых материалов – внутренний слой и облицовку – как

ремонтнопригодные. Оба элемента достаточно доступны для наблюдения за состоянием и обнаружением локальных повреждений, приспособлены для ремонта и устранения повреждений и дефектов.

Теплоизоляционный слой на основе беспрессового самозатухающего пенополистирола марки ПСБС толщиной 120-150 мм (в климатических условиях РХ), должен быть выполнен в виде непрерывного экрана, не формировать разрывов в цикле эксплуатации вследствие усадки, термических деформаций, должен быть плотно прижат к внутреннему слою и не терять устойчивости (не расстраиваться). Наконец, сам пенополистирол должен обладать умеренным старением и обеспечивать продолжительный срок службы. В идеале этот срок службы должен соответствовать нормативному сроку службы всего здания, т.к. замена утеплителя сопряжена с низкой ремонтнопригодностью облицовочного слоя, гибких связей, и в том числе, по этим причинам, низкой ремонтнопригодностью самого слоя.

Теплоизоляционный пенополистирольный экран в составе трёхслойной стены формируется из отдельных плоских листов, которые устанавливаются вперевязку на ряды гибких связей, служащие опорами для яруса слоя теплоизоляции и прижимаются к внутреннему слою трёхслойной стены прокладками толщиной, равной воздушной прослойке. [4]

Можно ожидать, что современный беспрессовый пенополистирол в составе тепло эффективной стены с нормально функционирующей вентилируемой прослойкой имеет работоспособность в течение 60-80 лет. Выдержанный пенополистирол является безусадочным материалом. Отличие от пенополистирола, при применении в качестве теплоизоляционного слоя базальт волоконных и стекловолоконных плит следует считаться с усадкой материалов во времени и их осадкой при увлажнении, т.к. даже при минимальном увлажнении материал утяжеляется и осаживается, что может приводить к формированию горизонтальных разрывов в теплоизоляционном экране и значительному снижению теплоэффективных свойств наружной стены. [4]

В целом, следует обратить внимание на низкую доступность для наблюдения за состоянием слоя теплоизоляции в структуре трёхслойных стен. Ответ, в какой-то мере, могут дать лишь результаты тепловизионного обследования.

Гибкие связи в структуре трёхслойной стены на основе штучных стеновых материалов практически недоступны для наблюдения за их состоянием и малоремонтопригодны. При их отказе из-за коррозионного поражения оцинкованных стальных связей при низком качестве оцинковки, работающей в контакте с периодически увлажняемым утеплителем, в особенности с минеральной ватой с повышенным влагопоглощением, возможно обрушение облицовочного слоя со всеми вытекающими последствиями.

В конструкциях трёхслойных стен недостатки традиционных решений опорных столиков из уголковой стали с их поэтажным расположением и поэтажным опиранием яруса облицовки связаны с высокой трудоёмкостью возведения наружных стен и с необходимостью обеспечения их надёжной защиты в противокоррозионном отношении. Последнее необходимо не только в целях обеспечения долговечности наружной стены на уровне нормативного срока службы здания, но и в целях предотвращения загрязнения фасада здания от следов коррозии металла, образование которых становится неизбежным в случае повреждения и отказа антикоррозионной защиты в процессе эксплуатации. Опорный столик в металле контактирует с конденсатной влагой в уровне водоотводящих фартуков, работоспособность которых со временем расстраивается, что способствует коррозии металлических опорных столиков (особенно при механических повреждениях антикоррозионного покрытия на монтаже). По результатам выполненного анализа в таблице 1 представлены характеристики тепло эффективной трёхслойной наружной стены на основе штучных стеновых материалов по параметрам эксплуатационной надёжности и долговечности.

Таблица 2.5 - Характеристики теплоэффективной трехслойной наружной стены по параметрам эксплуатационной надёжности и долговечности

Наименование элемента стены	Факторы ,оказывающие влияние на эксплуатационную надёжность и долговечность отдельных элементов стены	Безотказность (сохранение работоспособности) до проведения капитального ремонта, лет
Внутренний несущий слой: -керамический кирпич; -силикатный кирпич	-физическое старение и деструкция материала в течении длительного времени (не менее нормативного срока службы)	150-300 100-150
Теплоизоляционный слой: -пенополистирол беспрессовый; -полужесткие базальт волоконистые плиты; полужесткие стекловолоконистые плиты.	-старение полимеров -деструкция в силу старения и перекристаллизаационных процессов минеральных волокон утеплителя ; -деструкция в силу увлажнения и размораживания поверхностных слоев утеплителя	60-80 80-100 80-100
Облицовочный слой на основе: -керамического кирпича; -объемно-окрашенного силикатного кирпича	-деструктивные процессы при замачивании – осушении от действия атмосферных осадков; - то же при замораживания – оттаивания в переходные периоды «осень- зима», «зима-весна»	150-200 60-100
Гибкие связи: -металлические из коррозионностойкой легированной стали; -металлические оцинкованные; -базальтопластиковые; - стеклопластиковые	- нет -отказ защиты и коррозия металла от действия влаги -нет -нет	40-80 40-80 80-120 80-100

Согласно данным таблицы 2.5, этот тип теплоэффективной стены при её надлежащем исполнении в цикле монтажа с использованием качественных материалов (утеплители, гибкие связи, флashing и др.) является надёжным в эксплуатационном отношении на протяжении не ниже 40-60 лет по всей совокупности элементов стены, что обеспечивает периодичность капитальных ремонтов наружных стен зданий в нормальных условиях эксплуатации выше нормативной – 25 лет для каменных стен из штучных стеновых материалов.

Трехслойная стена на основе штучных стеновых материалов

Работоспособность и долговечность внутреннего слоя в этой конструкции наружной стены весьма высока и превосходит эти показатели для монослойных стен. Предопределяется это тем важнейшим обстоятельством, что внутренний слой в течение всего срока эксплуатации объекта, будучи блокированным полномерным слоем теплоизоляции, находится в комфортном режиме положительных температур. Материал внутреннего слоя не подвергается поверхностному замачиванию и осушению, циклическому замораживанию и оттаиванию в переходные периоды года. Как показали расчеты термовлажностного состояния трехслойной стены, точка росы в данном случае находится в слое теплоизоляции (минераловатная теплоизоляция, беспрессовый пенополистирол), а стена не накапливает влагу в годовом цикле и не получает дополнительного увлажнения в зимнем цикле, т.е. не ухудшает своих теплотехнических свойств во времени. Единственным негативным фактором для конструкционного (штучного) материала стены, эксплуатирующегося в позитивных условиях, остается физическое старение и деструкция материала, крайне растянутое во времени, и не менее более чем в два раза превосходящее сроки старения материалов, работающих в составе многослойных наружных стен, не имеющих в климатических условиях Республики Хакасия и других аналогичных условиях тепловой защиты. Безотказность (сохранение работоспособности) материала внутреннего слоя для всех видов стеновых материалов в данном случае будет превосходить нормативный срок службы здания.

По результатам выполненного анализа в таблице 2.6 представлены характеристики теплоэффективной трехслойной наружной стены на основе штучных стеновых материалов по параметрам эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности. Этот тип теплоэффективной стены при ее надлежащем исполнении в цикле монтажа с использованием качественных материалов является надежным в эксплуатационном отношении на протяжении не ниже 40-60 лет по всей совокупности элементов стены; до 60-

80 лет по пяти элементам из семи; до 80-120 и более лет - по 3-4 элементам из семи, что обеспечивает периодичность капитальных ремонтов наружных

Таблица 2.6 – Характеристики теплоэффективной трехслойной наружной стены на основе штучных стеновых материалов по параметрам эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности

Наименование элемента стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность отдельных элементов стены	Безотказность (сохранение работоспособности) до проведения капитального ремонта, лет	Ремонтпригодность	
			Степень доступности для наблюдения за состоянием и обнаружения отказов, дефектов	Приспособленность к устранению дефектов путем технического обслуживания и проведения ремонта (по пятибалльной шкале)
Внутренний несущий слой: - вибропрессованные бетонные блоки; - керамический кирпич; - силикатный кирпич	- физическое старение и деструкция материала в течение длительного времени (не менее нормативного срока службы)	150-200 150-300 100-150	Доступен	4
Теплоизоляционный слой: I пенополистирол беспрессовый; II полужесткие базальтоволоконные плиты; III полужесткие стекловолоконные плиты.	- старение полимеров (пенополистирол, синтетические связующие для базальтоволоконных и стекловолоконных плит); - деструкция в силу старения и перекристаллизационных процессов минеральных волокон утеплителя; - деструкция в силу увлажнения и размораживания поверхностных слоев утеплителя	60-80 80-100 80-100	Недоступен	3-
Облицовочный слой на основе: - объемно-окрашенных вибропрессованных бетонных блоков; - керамического кирпича; - объемно-окрашенного силикатного кирпича.	- деструктивные процессы при замачивании — осушении от действия атмосферных осадков; - то же при замораживании - оттаивании в переходные периоды «осень - зима», «зима - весна»	100-150 150-200 60-100	Доступен	4
Гибкие связи: - металлические из коррозионностойкой легированной стали; - металлические оцинкованные; - базальтопластиковые; - стеклопластиковые.	- нет - отказ защиты и коррозия металла от действия влаги - нет - нет	40-80 40-80 80 - 120 80-100	Недоступны	3-
Воздушная прослойка, исполняющая вентиляционную и дренажную функции	- отказ функций вентиляции и дренирования вследствие засорения отверстий в облицовочном слое		Малодоступна	3

Опорный столик под облицовочный слой: - из оцинкованной фасонной (угловой) стали; - из железобетона.	- отказ защиты и коррозия металла от действия влаги - размораживание бетона, выщелачивание и карбонизация бетона защитного слоя и коррозия арматуры	60-80 80-120	Малодоступен	3-
Водоотводящий фартук (флашинг) над опорным столиком для отвода конденсационной влаги из межслоевого пространства	- старение и повреждение вследствие недостаточной морозостойкости материала флашинга	10-80	Малодоступен	3-
7	Средний балл по приспособленности к устранению дефектов	3,0		

Неадекватное исполнение стен на стадии монтажа с применением некачественных материалов (минераловатные утеплители с повышенным водо- поглощением, стальные гибкие связи при некачественной и недолговечной антикоррозионной защите, недолговечный материал для флешинга, опорный столик под облицовочный слой из уголковой стали с неполноценной антикоррозионной защитой) создает большие проблемы и связано с большими материальными затратами при проведении ремонта ввиду низкой ремонтпригодности этих элементов стены (2, 4, 6, 7 в таблице 2.6) - на уровне 3-3 с минусом по пятибалльной шкале.

Трёхслойная стена в панельной серии 121у

Как и в случае трехслойной стены на основе штучных стеновых материалов трехслойная стена в панельной серии 121у имеет 7 элементов, каждый из которых оказывает определенное влияние на эксплуатационную надежность и долговечность стены в целом.

Внутренний несущий слой стены в виде панели из тяжёлого бетона толщиной 140 мм имеет работоспособность и прогнозируемую долговечность на уровне 150-200 лет (таблица 2.7), что предопределяется надежностью тяжелого бетона как конструкционного материала в совокупности с качеством заводского изготовления панели, а также работой внутреннего слоя стены в условиях положительных температур без циклического замачивания, осушения, замораживания и оттаивания в осенне-зимние периоды года. Сохранение работоспособности внутреннего слоя (панели) стен такого типа при физическом старении и деструкции тяжелого бетона будет превосходить нормативный срок службы здания.

Облицовочный слой трехслойной стены в панельной серии 121у работает в жестких условиях атмосферных воздействий в переходные периоды года «осень-зима», «зима - весна». Облицовки в виде слоя в 1/2 кирпича или бессеровских блоков, а также панели из тяжелого бетона

ОНС толщиной 100 мм (изготовленной в условиях завода) будут обеспечивать безотказность работы в течение всего нормативного срока службы здания при марке по морозостойкости материалов выше F25.

Внутренний и наружный слои трехслойной стены панельной серии 121у - можно характеризовать как ремонтно-пригодные.

Срок службы теплоизоляции в связи с ее низкой ремонтпригодностью должен соответствовать нормативному сроку службы всего здания. Можно прогнозировать, что в составе теплоэффективной стены с нормально функционирующей вентиляцией и дренированием утеплителя беспрессовый пенополистирол имеет работоспособность в течение 60-80 лет, базальтоволоконная и стекловолоконная теплоизоляция - 80-100 лет.

Гибкие связи в структуре трехслойной стены панельной серии 121у недоступны для наблюдения за их состоянием и малоремонтпригодны.

Опираание облицовки выполняется поэтажно на консольные опорные столики (рамки). Опорные рамки выполняются из керамзитобетона или тяжелого бетона и устанавливаются с приваркой на перекрытие. В проемы рамок укладывается минераловатный утеплитель, снижающий теплопроводность стыка.

Железобетонные рамки являются «мостиками холода», что приводит к значительному снижению теплотехнической однородности стены в целом, и как следствие, к увеличенной требуемой толщине утеплителя. В соответствии с результатами расчетов общий коэффициент теплотехнической однородности стены с теплопроводными включениями равен 0,59. При этом требуемая толщина минераловатного утеплителя составляет 200-230 мм.

Недостатком технического решения наружной стены с поэтажной разрезкой облицовки и ее поэтажным опиранием на опорные столики является повышение трудоёмкости возведения наружной стены в силу необходимости устройства столиков в уровне каждого этажа. В связи с

этим актуальной является задача разработки технических решений железобетонных опорных элементов для панельной серии 121у под облицовочные слои высотой 2-4 этажа.

Особо следует отметить факторы, снижающие эксплуатационную надежность трехслойных панельных стен, выявленные при обследовании жилых панельных домов первых массовых серий:

в определенном объеме имеют место проявления усадочных деформаций и множественного растрескивания наружного фактурного слоя стеновых панелей, вследствие неудовлетворительного состава мелкозернистого бетона фактурного слоя по минералогическому составу цемента, качеству заполнителей. Образование трещин в панелях приводит к систематическому замачиванию при косом дождевании и влагонакоплению других слоев панели. Панели с поврежденным наружным слоем являются причиной замачивания неповрежденных нижележащих панелей по механизму фильтрации влаги через торцы панелей;

промерзание наружных стен, связанное с увлажнением утеплителя через стыки наружных стеновых панелей, сколы и трещины в облицовочном слое наружных стеновых панелей, смещение и отклонение от проектной толщины и положения утеплителя в панелях;

в зонах примыкания плит перекрытий лоджий и стеновых панелей поперечных стен из-за периодического увлажнения этих зон дождем и тающим снегом, скапливающимся в углах плит перекрытий лоджий, происходит разрушение фактурного слоя и бетона торцов панелей поперечных стен по механизму многократного замораживания-оттаивания. В этих зонах бетон торцовых участков стеновых панелей существенно разрушается, являясь источниками сквозного промачивания поперечных стен;

торцовые грани панелей наружных стен, а также откосы оконных проемов часто имеют защитный слой недостаточной толщины;

некачественно выполненные и установленные оконные коробки и отливы, что приводит к протечкам в подоконной части стен;

недостаточное качество работ по устройству фундаментов, подготовке оснований, монтажу панелей (сварочным работам) приводит к деформациям и повреждениям несущих панелей.

Ненадлежащее исполнение панельных стен на стадии монтажа с применением некачественных материалов (минераловатные утеплители с повышенным водопоглощением, стальные гибкие связи и закладные детали при некачественной и недолговечной антикоррозионной защите, опорный столик под облицовочный слой из конструкционного керамзитобетона недостаточной прочности) создает значительные проблемы, связанные с повышением материальных затрат при проведении ремонтов в связи с низкой ремонтпригодностью этих элементов стены (2, 4, 5, 6, 7 в таблице 2.7) - на уровне 3-3 с минусом по пятибалльной шкале.

Таблица 1.7 – Характеристики теплоэффективной трехслойной стены в составе панелей серии 121у по параметрам эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности

Наименование элемента стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность отдельных элементов стены	Безотказность (сохранение работоспособности) до проведения капитального ремонта, лет	Ремонтпригодность	
			Степень доступности для наблюдения за состоянием и обнаружения отказов, дефектов	Приспособленность к устранению дефектов путем технического обслуживания и проведения ремонта (по пятибалльной шкале)
Внутренний несущий слой в виде железобетонной панели из тяжелого бетона толщиной 140 мм	- физическое старение и деструкция материала конструкций в течение длительного времени (не менее нормативного срока службы здания)	150-200	Доступен	4
Закладные детали, взаимно фиксирующие панель внутреннего слоя с другими конструктивными элементами	- коррозия сварных соединений закладных деталей	60-100	Недоступен	3-
Облицовочный слой на основе: -объемно-окрашенных вибропрессованных бетонных блоков толщиной 90 мм; -полнотелого керамического кирпича толщиной 120 мм; -объемно-окрашенного силикатного кирпича толщиной 120 мм	-деструктивные процессы при замачивании - осушении от действия атмосферных осадков; -то же при замораживании - оттаивании в переходные периоды «осень - зима», «зима - весна»	100-150 100-150 60-100	Доступен	4
Теплоизоляционный слой: -пенополистирол плитный беспрессовый; -полужесткие базальтowoлоконных плиты; -стекловолоконная теплоизоляция типа URSA	-старение полимеров (пенополистирол, синтетические связующие для базальтов оконных и стекловолоконных плит); -деструкция в силу увлажнения и размораживания поверхностных слоев утеплителя	60-80 80-100 80-100	Малодоступен	3
Гибкие связи металлические оцинкованные	- отказ антикоррозионной защиты и коррозия металла от действия влаги	40-80	Недоступны	3-
Опорный столик под облицовочный слой в виде рамки из конструкционного керамзитобетона ($\gamma=1800 \text{ кг/м}^3$, класс прочности бетона В15)	- размораживание конструкционного керамзитобетона, выщелачивание и карбонизация бетона защитного слоя, коррозия рабочей арматуры рамки	10-30	Малодоступны	3
Воздушная прослойка	- отказ функций вентиляции и дренирования вследствие засорения отверстий в облицовочном слое	-	Малодоступны	3
		Средний балл по приспособленности к устранению дефектов	3,15	

Трёхслойная стена по системе «Вентилируемый фасад» имеет 5 элементов, оказывающих влияние на эксплуатационную надежность и долговечность стены в целом.

Эксплуатационная долговечность внутреннего слоя (основания) на основе штучных стеновых материалов или монолитного железобетона в этой конструкции наружной стены оценивается в пределах 100-300 лет (таблица 2.8). Это может быть конструкционный материал со средней плотностью выше 600 кг/м³, например, стена из кирпича, бетонных блоков, бетона, легкого бетона и т.п., не имеющий механических повреждений, полученных при капитальных ремонтах и демонтаже металлофурнитуры навесного защитного экрана. Материал основания в течение всего срока эксплуатации объекта находится в режиме работы при положительных температурах и защищен от поверхностного замачивания и осушения, циклического замораживания и оттаивания в переходные периоды года. Долговечность всех видов материала основания определяется физическим старением и деструкцией материала, растянутым во времени, и превосходящим нормативный срок эксплуатации здания. Основание является ограниченно доступным для наблюдения за техническим состоянием конструктивным элементом, его ремонтпригодность зависит от конструктивных особенностей той или иной системы «вентилируемого фасада».

Известным недостатком трёхслойной стены по системе «Вентилируемый фасад» является низкий коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции вследствие большого количества мостиков холода в зоне крепления металлофурнитуры к основанию, что предопределяет необходимость уменьшения количества кронштейнов на 1м² площади фасада, использования материалов крепления с меньшим коэффициентом теплопроводности (базальтопластиковых и стекловолоконных материалов и т.п.).

Для устройства теплоизоляционного слоя в системах с вентилируемым фасадом, как правило, применяются негорючие утеплители на основе минеральных волокон (стекловолокно или базальтовое волокно). В основном это минераловатные плиты «Rockwool» и «Технониколь» импортные и отечественного производства.

Рекомендуются к применению утеплители плотностью от 50 до 80 кг/м³ с кашированной поверхностью, обращенной к воздушному зазору, и без каширования поверхности при плотности утеплителя от 80 кг/м³ и выше. В практике строительства используется часто двухслойная теплоизоляция с перекрытием швов между отдельными теплоизоляционными плитами.

Теплоизоляционный слой в структуре стены данного типа можно оценивать как ограниченно ремонтно-пригодный. Конструктивный элемент ограниченно доступен для наблюдения за состоянием и обнаружением локальных повреждений. Прогнозируемый срок службы утеплителей в стенах данной конструкции в среднем прогнозируется в пределах 40-60 лет и существенно зависит от качества теплоизоляционных материалов, качества материала и монтажа гидро- ветрозащитных паропроницаемых пленок (мембран), толщины воздушного зазора, качества материала и правильности монтажа внешнего облицовочного экрана системы.

Воздушный зазор, сообщаемый посредством многочисленных щелей между элементами гидро- паро- и ветронепроницаемого экрана, обеспечивает за счет вентиляции удаление водяных паров, поступающих вследствие диффузии через ограждающую конструкцию со стороны помещения на протяжении отопительного периода. Этим обеспечиваются нормальные влажностные условия работы конструкции и долговечность системы. Воздушный зазор также влияет на величину термического сопротивления ограждающей конструкции в целом. С уменьшением тол-

щины воздушной прослойки уменьшается скорость потока вентилируемого воздуха, что способствует повышению температуры воздушной прослойки и ее термического сопротивления. Одновременно, уменьшение толщины воздушной прослойки снижает способность фасадной системы к самоосушению в отопительный период и повышает вероятность влагонакопления в утеплителе. Поэтому требуется расчет с подбором оптимальной толщины воздушной прослойки в каждом конкретном случае.

По результатам выполненного анализа в таблице 3 представлены характеристики теплоэффективной трехслойной наружной стены по системе «Вентилируемый фасад» по параметрам эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности. Согласно данным таблицы 2.8, этот тип теплоэффективной стены при ее надлежащем исполнении в цикле монтажа с использованием качественных материалов (утеплители, металлофурнитура, гидро- ветрозащитная мембрана и др.) является надежным в эксплуатационном отношении на протяжении не ниже 30-50 лет по всей совокупности элементов стены; до 40-60 лет по четырем элементам из пяти; до 80-100 лет - по 2 элементам из пяти, что обеспечивает периодичность капитальных ремонтов наружных стен зданий в нормальных условиях эксплуатации выше нормативной.

Таблица 2.8 – Характеристики теплоэффективности наружной стены в виде вентилируемого фасада по параметрам эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности.

Наименование элемента стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность отдельных элементов стены	Безотказность (сохранение работоспособности) до проведения капитального ремонта, лет	Ремонтпригодность	
			Степень доступности для наблюдения за состоянием и обнаружения отказов, дефектов	Приспособленность к устранению дефектов путем технического обслуживания и проведения ремонта (по пятибалльной шкале)
Внутренний несущий слой: -керамический кирпич -Силикатный кирпич -Вибропрессованные бетонные блоки -Железобетон	Физическое старение и деструкция материала, растянутое во времени в силу благоприятных эксплуатационных условий; Механические повреждения конструкционной основы при капитальных ремонтах и демонтаже металлофурнитуры для навески защитного экрана	Более 100 лет Более 100 лет Более 100 лет Более 100 лет	Ограниченно доступен	3
Теплоизоляционный слой на основе: -базальтоволокнистых плит полужёстких средней плотности 60-80 кг/м ³ -Стекловолоконных плит полужестких средней плотности 60-80 кг/м ³	Физическое старение синтетических связующих плит. Накопление влаги за годовой цикл и избыточное увлажнение за зимний период в условиях холодного климата. Деструкция минераловатных утеплителей вследствие воздействия высокой интенсивности циркуляции воздуха в воздушной прослойке.	40-60 40-60	Ограниченно доступен	3
Металлофурнитура для навески защитного экрана	Коррозия металлофурнитуры в условиях повышенной влажности межслоевого пространства и увлажнения минераловатных утеплителей, включая повреждение кляммеров.	30-50	Малодоступен	4
Элементы экрана в виде крупноразмерных фиброцементных листов(типа Этернит, Семстун, Фассет и др.)	Деструктивные процессы в материале, усадочное коробление крупноразмерных фиброцементных листов в силу их периодического замачивания - осушение в сочетании с замораживанием - оттаивание в переходные периоды. Разрушение зоны контакта крепления листа шурупом, болтом.	40-60	Доступен	4
Элементы экрана в виде мелкоштучных фиброцементных элементов (Тима Марморок, Колорок и др.)	Деструктивные процессы в условиях периодического замачивания - осушения, замораживания - оттаивания.	60-80	Доступен	4
Элементы экрана из керамогранита	Физическое старение материала, растянутое во времени.	80-100	Доступен	4
6	Средний балл по приспособленности к устранению дефектов	3,42		

Фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке

Теплоэффективная стена с наружным утеплением и оштукатуриванием по сетке состоит из двух основных элементов, существенно отличающихся по долговечности: внутреннего несущего слоя из кирпича или железобетона и собственно системы фасадной теплоизоляции.

Учитывая, что долговечность внутреннего несущего слоя стены, эксплуатирующего в благоприятных условиях под защитой фасадной теплоизоляции, составляет более 100 лет (таблица 2.9), после полного разрушения (отказа) системы фасадной теплоизоляции через 30-40 лет эксплуатации возможно и экономически эффективно провести капитальный ремонт или демонтировать её с последующим восстановлением. Таким образом, важнейшим элементом, определяющим долговечность данного типа стены, является система фасадной теплоизоляции.

Расчетный срок службы фасадной теплоизоляции большинство зарубежных производителей определяют для своих систем в пределах 30-40 лет, в реальных условиях зачастую наблюдаются признаки отказов системы уже через несколько лет эксплуатации здания. Отказ системы теплоизоляции в целом может произойти в следующих случаях отказа одного из трёх основных элементов системы:

разрушение гидрозащитного штукатурного покрытия. В случае применения в качестве утеплителя минераловатных плит может произойти попадание влаги в толщу утеплителя, что приведёт к потере им первоначальных теплотехнических характеристик. В этом случае необходимо выполнить восстановление штукатурного покрытия, при этом, если потребуются, удалить замоченные участки утеплителя. В случае применения в качестве утеплителя пенополистирольных плит, обладающих низким водопоглощением, система значительное время при непосредственном воздействии внешней среды будет сохранять свои свойства. В этом случае, не заменяя утеплителя, необходимо выполнить восстановление штукатурного

покрытия, после чего возможна дальнейшая эксплуатация системы в целом;

отказ конструкций крепления (адгезивного клея или дюбелей). Отказ обоих компонентов крепления одновременно приведет к полному разрушению системы. Отказ одного из двух компонентов значительно увеличит нагрузку на другой компонент крепления, в результате чего также возможно разрушение системы, однако несколько более растянутое во времени. В любом случае необходим ремонт системы или её выполнение заново;

отказ теплоизоляционного слоя (потеря или резкое снижение пенополистиролом или минераловатной плитой своих первоначальных физико-механических и теплотехнических свойств). В случае потери механических свойств (изменения формы, размеров, оседания или расслоения плит утеплителя) произойдёт существенное или полное разрушение системы теплоизоляции. В случае ухудшения лишь теплотехнических свойств утеплителя механического разрушения системы не произойдёт, однако система теплоизоляции снизит теплозащитную функцию.

Опыт эксплуатации зданий с фасадной теплоизоляцией показал, что основным фактором, определяющим долговечность системы, является стойкость фасадной гидроизоляционной штукатурки. Критерием отказа системы в данном случае является разрушение штукатурного покрытия при сохранении в течение некоторого времени незащищённым утеплителем своих физико-механических и теплотехнических свойств. Долговечность теплоизоляционного материала можно считать заведомо более высокой, чем у штукатурного слоя.

Факторами, влияющими на эксплуатационную надёжность и долговечность штукатурного покрытия, являются:

деформации штукатурного покрытия, возникающие в условиях его усадки и перепадов температур;

- накопление влаги в толще стены за годовой период её эксплуатации и её сверхнормативное увлажнение с выпадением конденсата в зимний период;
- замачивание стены при действии осадков в переходные периоды «зима-весна» и «осень-зима», опасное с точки зрения сочетания значительного увлажнения штукатурного покрытия с циклическим замораживанием-оттаиванием.

В таблице 2.9 представлены оценочные значения долговечности основных элементов теплоэффективной наружной стены по системе фасадной теплоизоляции.

Отличительной особенностью данного типа стены является относительно невысокая долговечность гидроизоляционного штукатурного покрытия, которая оценивается в 25-50 лет, значительно большая долговечность теплоизоляционного слоя (60-80 лет) в сочетании с долговечностью внутреннего слоя стены, которая превышает 100-120 лет. Учитывая, что все элементы стены, кроме дюбелей, доступны для наблюдения и ремонтнопригодны (на уровне 4 - 5 по пятибалльной шкале), возможно выполнение текущего ремонта системы фасадной теплоизоляции в случае повреждения штукатурного покрытия при сохранении утеплителем своих теплозащитных свойств с периодичностью в 10-20 лет. Таким образом, долговечность стены в целом при регулярном проведении текущих ремонтов с периодичностью 20-25 лет и капитальном ремонте с заменой утеплителя через 60-80 лет эксплуатации следует считать равной долговечности внутреннего слоя и принять 100-120 лет.

Таблица 2.9 – Характеристики теплоэффективности наружной стены по системе фасадной теплоизоляции по параметрам эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности

Наименование элемента стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность отдельных элементов стены	Безотказность (сохранение работоспособности) до проведения капитального ремонта, лет	Ремонтпригодность	
			Степень доступности для наблюдения за состоянием и обнаружения откозов, дефектов	Приспособленность к устранению дефектов путем технического обслуживания и проведения ремонта (по пятибалльной шкале)
Внутренний несущий слой: -керамический кирпич -Силикатный кирпич -Вибропрессованные бетонные блоки -Железобетон	Физическое старение и деструкция материала, растянутое во времени в силу благоприятных эксплуатационных условий.	Более 100 лет Более 80 лет Более 100 лет Более 100 лет	Доступен	Практически не требует ремонта в течение всего срока службы (5)
Теплоизоляционный слой на основе: -пенополистирола беспрессового фасадного (средней плотностью 25 гкг/м3 и выше) -Базальтоволокнистых плит на синтетическом связующем повышенной плотности 100-180 кг/м3	Физическое старение полимеров, включая синтетические связующие в минераловатных плитах; поверхностное размокание пенополистирола в условиях откоза/повреждения гидрозащитной штукатурки. .	60 - 80 (в зависимости от надежности гидро-изоляционной защиты) 80 - 100	Доступен	4
Гидрозащитное покрытие в виде штукатурного базового слоя, армированного синтетической сеткой, в сочетании с финишным гидрофобным паропроницаемым экраном (декоративная штукатурка, акриловая краска, силикатная краска и т.п.)	Повреждение в виде трещин разрыва и отрыва вследствие усадки. Действие термомеханических напряжений в условиях перепадов температур, физическое старение синтетических сеток из-за их недостаточной щелочестойкости.	25-50	Доступен	4
Дюбели со шляпкой из пластмассы для анкеровки теплоизоляции к внутреннему слою: -металлические; -базальтопластиковые; -стеклопластиковые	Физическое старение полимеров шляпки, пластиковых гнезд под дюбели неметаллических дюбелей; ослабление анкеровки дюбелей в теле внутреннего слоя многослойной стены.	20-50	Ограниченно	3
4	Средний балл по приспособленности к устранению дефектов	4		

Стена на основе ячеистобетонных блоков

Анализ опыта эксплуатации зданий с теплоэффективными наружными стенами на основе автоклавных газобетонных блоков в условиях Республики Башкортостан показал, что эта система достаточно жизнеспособна и с учетом исправления некоторых недостатков и дальнейшего совершенствования может быть рекомендована к широкому использованию.

В настоящее время в Республике Хакасия и Красноярском крае наиболее активно применяется стена-заполнение из автоклавных газобетонных блоков толщиной 400-600 мм с объемным весом 400-500 кг/м³ в монолитно-каркасных железобетонных зданиях. В связи с развитием монолитного домостроения этот вариант наружной стены является наиболее перспективным по показателям эксплуатационной надежности и стоимости.

С целью уточнения долговечности, получения информации о дееспособности стены из газобетона объемным весом 400 кг/м³ в сочетании с жесткой облицовкой без дополнительной гидрофобизации, необходимо дальнейшее наблюдение за состоянием этих стен.

В последнее время расширяется применение монослойной стены-заполнения на основе автоклавных газобетонных блоков плотностью 500-600 кг/м³ с гидроизоляционной штукатуркой по сетке. В наружных стенах зданий может быть рекомендован лишь автоклавный газобетон с усадкой не более 0,3-0,5 мм/м. Кроме того, решение мало- и среднеэтажных жилых домов с несущими и самонесущими наружными стенами из ячеисто-бетонных блоков объемным весом 500-600 кг/м³ является приемлемым для небольших городов, районных центров, сельской местности и в застройки пригородов.

Теплоэффективные наружные стены-заполнения на основе автоклавных газобетонных блоков монолитно-каркасных железобетонных

зданий включают 3 элемента: внутренний самонесущий слой на основе автоклавных газобетонных блоков, гидроизоляционный слой (экран) и, в случае применения облицовки из штучных стеновых материалов, железобетонный опорный столик.

Внутренний самонесущий слой стены на основе автоклавных газобетонных блоков плотностью 400, 500, 600 кг/м³ (класса по прочности на сжатие В1,5-В3,5, марок по морозостойкости F15-F35) имеет работоспособность и прогнозируемую долговечность на уровне 100-120 лет (таблица 2.10), что обусловлено работой внутреннего слоя стены в условиях положительных температур без циклического замачивания, осушения, замораживания и оттаивания в осенне-зимние периоды года. Накопления влаги за годовой цикл и избыточного увлажнения стены за зимний период в климатических условиях холодного климата не происходит. Негативным фактором для материала несущего слоя является физическое старение и деструкция материала вследствие карбонизации гидросиликатных фаз автоклавного газобетона на известково-кремнеземистых вяжущих растянутое во времени. Долговечность внутреннего слоя при сохранении работоспособности защитным гидроизоляционным экраном будет соответствовать нормативному сроку службы здания.

Гидрозащитный экран эксплуатируется в тяжелых условиях периодического поверхностного замачивание-осушение от действия дождя, сочетающееся с циклическим замораживанием-оттаиванием в переходные периоды года «осень-зима», «зима - весна».

При использовании облицовочных штучных материалов с невысокой морозостойкостью (F5 - F25) безотказность облицовки стен может оказаться ниже нормативного срока в пределах 30-40 лет. В случае использования штучных материалов с морозостойкостью F50 – F100 безотказность облицовочного слоя на основе штучных стеновых материалов может составить 100-150 лет.

При долговечности внутреннего слоя стены более 100 лет, в случае частичного или полного отказа слоя защитной штукатурки возможно проведение капитального ремонта с восстановлением гидрозащитной штукатурки.

Два вышеназванных элемента стены на основе автоклавных газобетонных блоков - внутренний слой и облицовку можно оценивать, как ремонтнопригодные. Оба элемента достаточно доступны для наблюдения за состоянием и обнаружением локальных повреждений, приспособлены для ремонта и устранения повреждений и дефектов.

Опорный столик из железобетона под облицовку из штучных стеновых материалов эксплуатируется в тяжелых условиях циклического увлажнения в сочетании с замораживанием - оттаиванием в переходные периоды года, что при недостаточной морозостойкости бетона может привести к размораживанию бетона, коррозии арматуры при отказе защитного слоя бетона. Железобетонный опорный столик малодоступен для наблюдения за состоянием и обнаружения отказов, его работоспособность оценивается в пределах 80 - 120 лет.

Стены на основе автоклавных газобетонных блоков в силу относительно низкой стоимости автоклавного газобетона и возможности сокращения трудоемкости и продолжительности и возведения стен имеют наиболее низкую себестоимость по сравнению с прочими рассматриваемыми вариантами теплоэффективных стен.

При оценке надежности рассматриваемой стены по трем основным элементам, она составит не менее 25-40 лет; 100 и более лет - по внутреннему слою из газобетонных блоков и опорному железобетонному столику под облицовку, при периодичности капитальных ремонтов наружного гидрозащитного штукатурного слоя 25-30 лет.

Таблица 2.10 – Характеристики теплоэффективной наружной стены на основе ячеистобетонных блоков по параметрам

эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности

Наименование элемента стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность отдельных элементов стены	Безотказность (сохранение работоспособности) до проведения капитального ремонта, лет	Ремонтпригодность	
			Степень доступности для наблюдения за состоянием и обнаружения отказов	Приспособленность к устранению дефектов путем технического обслуживания и проведения ремонта
<p>Основной конструкционно-теплоизоляционный слой на основе автоклавных газобетонных блоков при кладке на клею:</p> <ul style="list-style-type: none"> - блоки средней плотности 400 кг/м³; - то же 500 кг/м³; - то же 600 кг/м³ 	<p>Накопления влаги за годовой цикл и избыточного увлажнения стены за зимний период в климатических условиях зон холодного климата не происходит. Размораживание поверхностных слоев ячеистых бетонов в условиях поверхностного увлажнения при действии дождя в сочетании с циклическим замораживанием - оттаиванием в переходные периоды «осень - зима», «зима - весна» при дефектах или отказах гидрозащитного слоя. Возможность карбонизации гидросиликатных фаз автоклавного газобетона на ИКВ во времени</p>	80 - 100	Доступен	4
<p>Гидрозащитный слой (экран):</p> <ul style="list-style-type: none"> - экран в 1/2 полнотелого керамического кирпича (в сочетании с блоками $\gamma=400$ кг/м³); - вибропрессованные бетонные блоки толщиной 90 мм (бессеровский блок с 30% - ной пустотностью) в сочетании газобетонными блоками $\gamma=400$ кг/м³ - гидрозащитная штукатурка усиленная (многослойная, базовый штукатурный слой армирован синтетической сеткой в сочетании с газобетонными блоками $\gamma=500$ кг/м³) - гидрозащитная штукатурка умеренная либо гидрофобная пропитка (в сочетании с блоками 600 кг/м³) 	<p>Для экрана из кирпича или вибропрессованных бетонных блоков — размораживание при увлажнении, от действия атмосферной влаги в сочетании с замораживанием - оттаиванием в переходные периоды. Для гидрозащитных штукатурок — повреждения в виде трещин разрыва и отрыва вследствие усадки, действие термомеханических напряжений в условиях перепадов температуры, замачивания; физическое старение синтетических сеток из-за недостаточной щелочестойкости.</p>	25-40	Доступен	4
<p>Опорный столбик из железобетона под облицовку из штучных стеновых материалов</p>	<p>Размораживание бетона при увлажнении в сочетании с замораживанием - оттаиванием в переходные периоды; коррозия арматуры при отказе защитного слоя</p>	80-120	Ограниченно доступен	4
3	Средний балл по приспособленности к устранению дефектов			4

3 МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ С МНОГОСЛОЙНЫМИ НАРУЖНЫМИ СТЕНАМИ

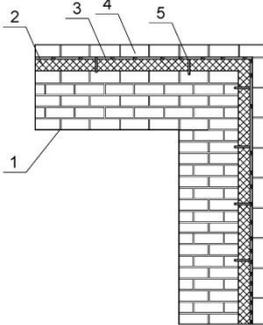
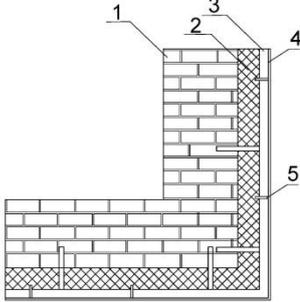
3.1 Опыт эксплуатации зданий с многослойными стенами в условиях холодного климата

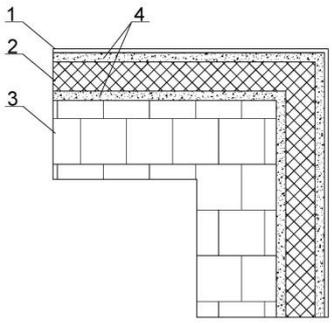
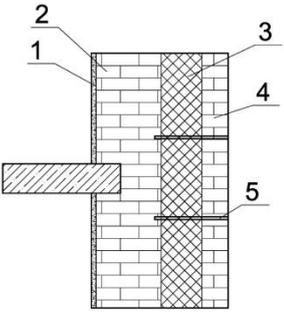
В условиях холодного климата ограждающие конструкции зданий подтверждены воздействию низких температур зимой и высоких летом, значительных суточных колебаний температуры внешней среды в весенне-осенний и летний периоды, сопровождающиеся интенсивной солнечной радиацией.

Определить в эксплуатационных условиях количественное влияние каждого из этих климатических факторов на характер изменения теплофизических характеристик ограждающих конструкций зданий практически невозможно и главное в этом нет необходимости. Важен не конкретный вклад каждого из факторов в формирование теплового и влажностного режимов наружных ограждений, а конечный результат - величина и характер изменения уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций с течением времени.

Анализ теплотехнических характеристик наружных стен, которые применялись и применяются в настоящее время при строительстве зданий, выполнен на основе сбора проектных данных 4 объектов, построенных в городе Абакане.

Таблица 3.1 - Конструктивные решения наружных стен зданий в Республике Хакасия

Адрес здания	Конструктивный узел	Тип наружной стены по конструкционному и теплоизолирующему материалу	Дата ввода в эксплуатацию
<p>Ул. Комарова, 5. Современный жилой комплекс класса комфорт плюс «Комарово» (Рисунок 3.1)</p>		<p>Строительная система - кирпичная кладка, сборный железобетон. Конструктивная система здания стеновая с поперечными/продольными несущими стенами. Конструктивная схема здания - жесткая бескаркасная. 1- Внутренний несущий слой толщиной 510 мм из полнотелого кирпича пластического прессования; 2- Минеральная вата 45-75^{кг}/м³ толщиной 100 мм; 3- воздушная прослойка 20 мм; 4- Облицовочная верста 120мм 5- Анкера</p>	<p>1 очередь многоквартирного комплекса домов 30 сентября 2019 года</p>
<p>Ул. Дружбы Народов, 43. ЖК «Отражение» (Рисунок 3.2)</p>		<p>Строительная система - кирпичная кладка, сборный железобетон. Конструктивная схема здания - каркасная. Стены наружные самонесущие - армированные трехслойные с гибкими связями с поэтажным опиранием облицовочного слоя кирпича. 1- Внутренний несущий слой толщиной 370 мм из полнотелого кирпича пластического прессования; 2- Минеральная вата 25-45^{кг}/м³ толщиной 100 мм; 3- Воздушная прослойка; 4- Облицовка из керамической плитки толщиной 10 мм; 5- Анкера</p>	<p>3 квартал 2019 года</p>

<p>Ул. Богдана Хмельницкого, 159. Вторая очередь Микрорайона «Парковый» (Рисунок 3.3)</p>		<p>Строительная система - кирпичная кладка, сборный железобетон. Конструктивная схема здания - каркасная. Стены наружные самонесущие - трехслойные с поэтажным опиранием облицовочного слоя кирпича.</p> <p>1- Декоративная штукатурка. 2- Минеральная вата 45-75кг/м³ толщиной 100 мм; 3- Внутренний несущий слой толщиной 370 мм из газобетона, газосиликата автоклавного D600; 4- Системе ceresit, состоящая из раствора ceresit 190, сетка фасадная, второго слоя ceresit 190, грунтовки СТ 15</p>	<p>Февраль 2018 года</p>
<p>Жилой дом по ул. Торосова 9 (Рисунок 3.4)</p>		<p>Строительная система - кирпичная кладка, сборный железобетон. Конструктивная схема здания - каркасная.</p> <p>Стены наружные – кирпичные, отделка фасада жилых, первого, цокольного этажей – облицовочный кирпич.</p> <p>1- Штукатурка 20мм 2- Внутренний несущий слой толщиной 250 мм из полнотелого кирпича пластического прессования; 3- Утеплитель экструдированный пенополистирол (ЭППС) толщиной 180 мм; 4- Облицовочная верста 120мм; 5- Анкера.</p>	<p>30 июня 2015</p>

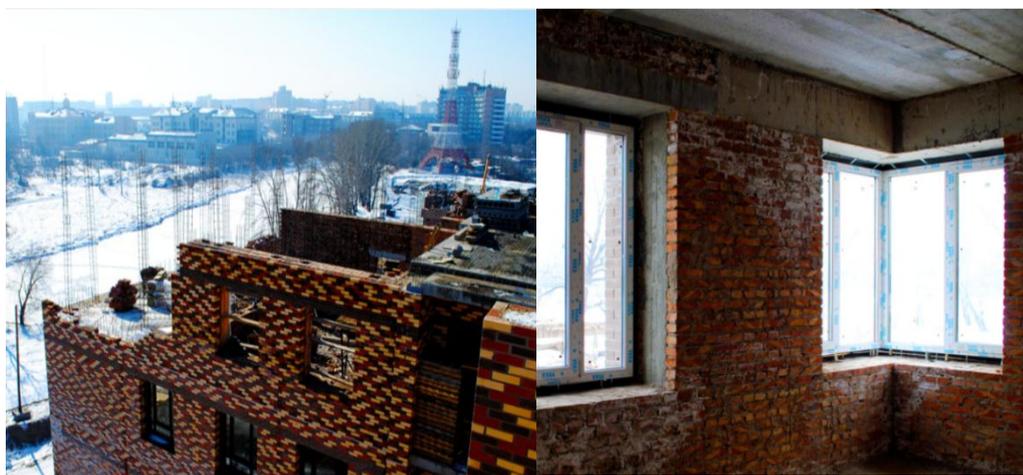


Рисунок 3.1 – Фото объекта по адресу: Комарова,5

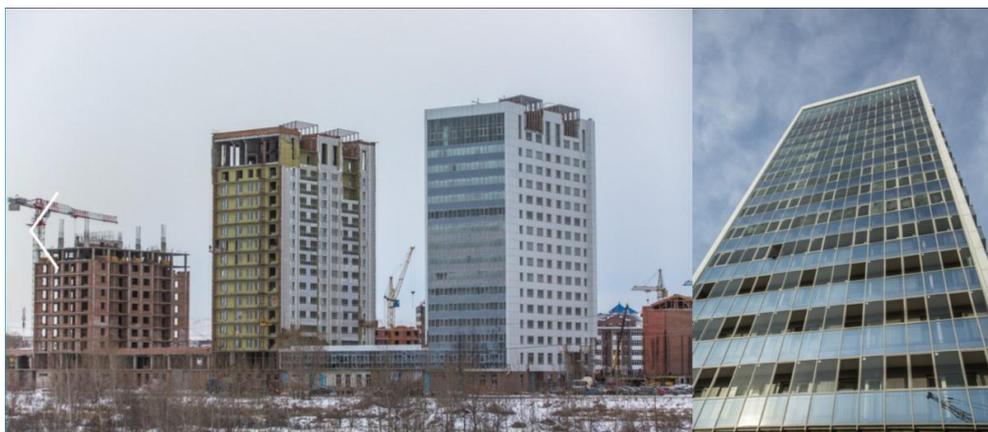


Рисунок 3.2 – Фото объекта по адресу: Дружбы народов,43



Рисунок 3.3 – Фото объекта по адресу: Богдана Хмельницкого,159



Рисунок 3.4 – Фото объекта по адресу: Торосова,9

Конструктивные решения наружных многослойных стен представляют собой двух- и трехслойные конструкции, облицовочный кирпичный слой которых устроен с опиранием на консольные свесы плит перекрытий.

Соединение внутреннего и наружного слоев выполнено с помощью гибких металлических связей. Конструкции многослойных наружных стен, выполненных с поэтажным опиранием на стальные уголки, реализованы в большинстве зданий.

Опирание облицовочной кирпичной кладки наружного слоя фасадов выполнено в уровне каждого этажа на стальные прокатные уголки, прикрепленные к стальным пластинам (кронштейнам) сечением с помощью электросварки. Стальные пластины приварены к закладным деталям, установленным на торцах монолитных железобетонных перекрытий. Опирание облицовочной кирпичной стенки на конструкции стальных уголков в уровне перекрытий и перемычек над оконными проемами выполнено через ряд фасонных лицевых кирпичей, установленных на опорную полку стальных уголков.

Стальные уголки, закрепленные на торцах плит перекрытий, установлены по всему периметру здания без ограничения элементов по длине и устройства деформационных швов.

В наружном кирпичном слое многослойных наружных стен устройство горизонтальных и вертикальных деформационных швов проектами не предусмотрено.

Обследование каменных конструкций наружных многослойных стен проводилось с целью определения их общего состояния, выявлялись видимые повреждения или дефекты, деформации, определялся характер и степень повреждения отдельных конструкций, наличие трещин, места раздробления и расслоения кладки, разрыв связей, повреждение кладки под опорами конструкций, искривления, выпучивания, отклонения от вертикали, нарушение мест сопряжения между отдельными элементами, поверхностные повреждения кирпича и раствора.

В результате ненадлежащего соединения облицовочной версты и несущего слоя по углам здания могут появляться трещины в результате температурных деформаций. Результаты перемещения по X, на зимний период, температурные деформации посчитаны в мм.

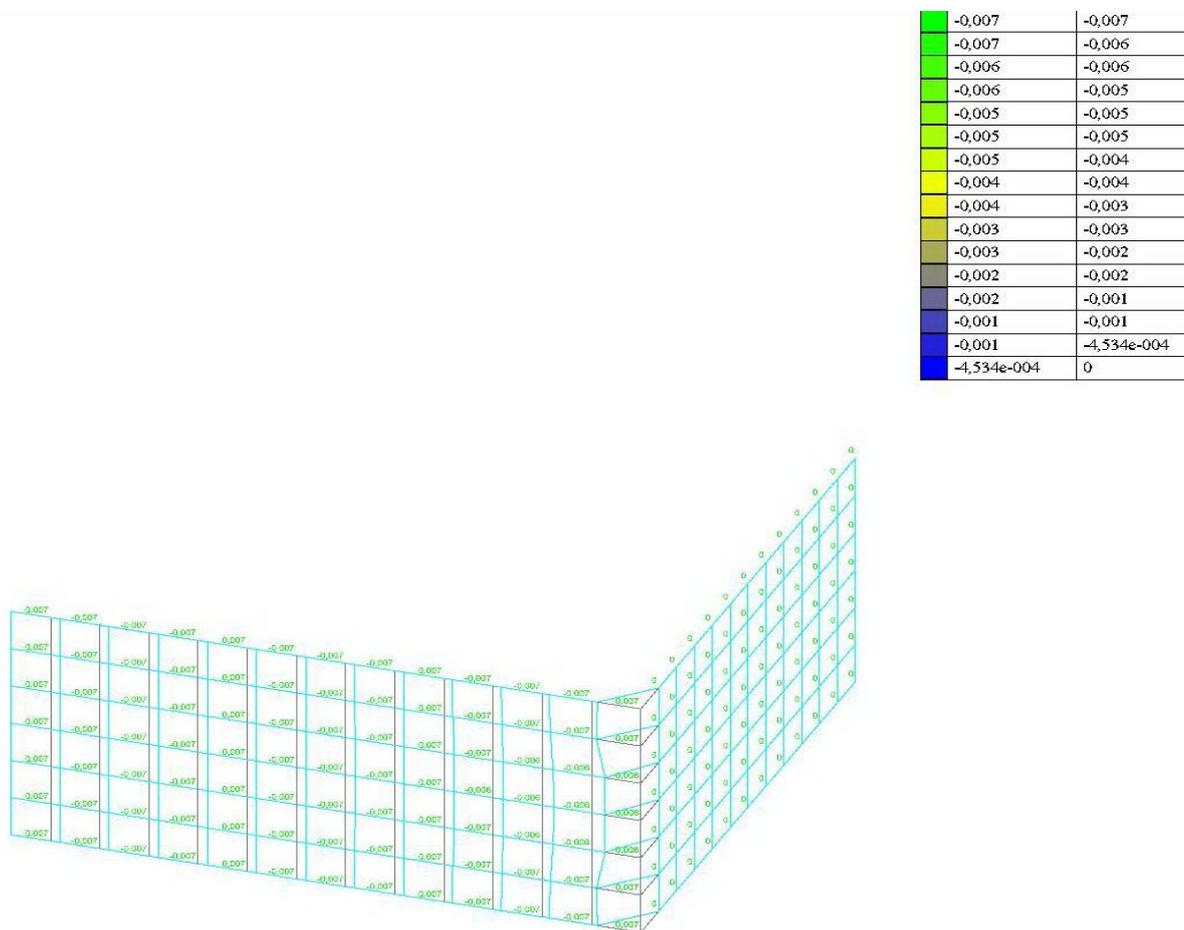


Рисунок 3.5 – Температурные деформации в зимний период по X

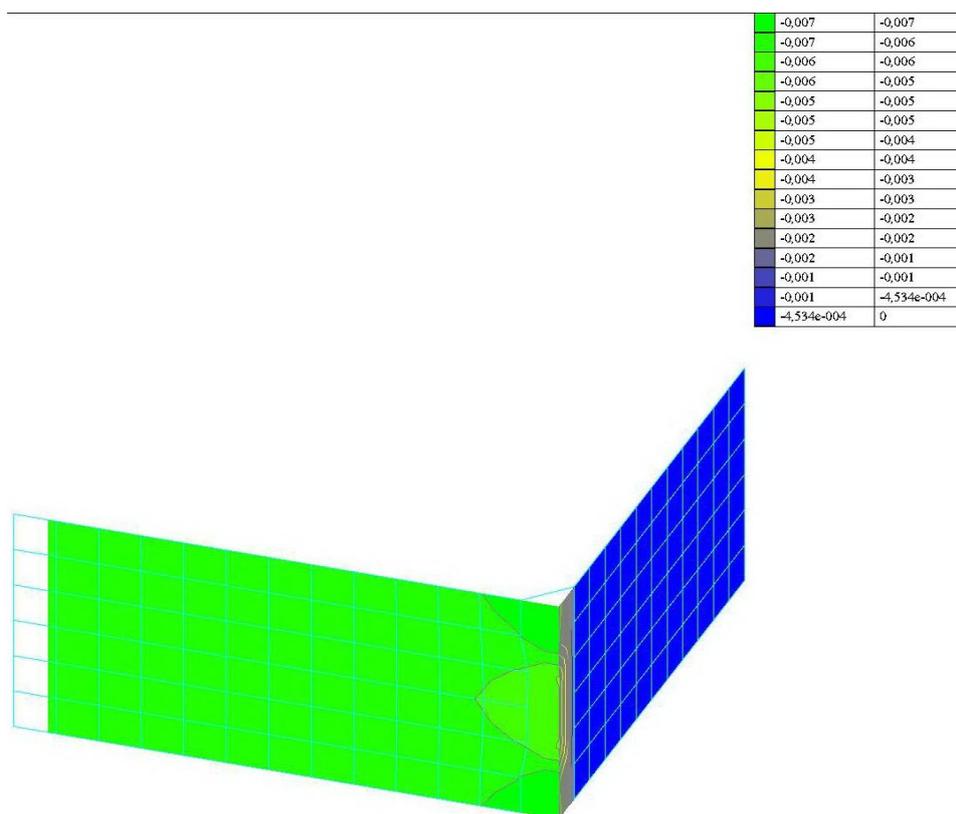


Рисунок 3.6 – Температурные деформации в зимний период по X

3.2 Технологические особенности возведения зданий с многослойными наружными стенами в условиях холодного климата

Главные отличия в конструкциях фасадных систем состоят в разнообразии применяемых решений по устройству наружной кирпичной облицовки: узлов опирания на плиты перекрытий или уголки; конструкций и материала связей, соединяющих с внутренним слоем стены; наличия горизонтальных и вертикальных деформационных швов, обеспечивающих требуемую деформативность конструкции с учетом внешних воздействий (СНиП II-22-81* «Каменные и армокаменные конструкции»; СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия») и пр.

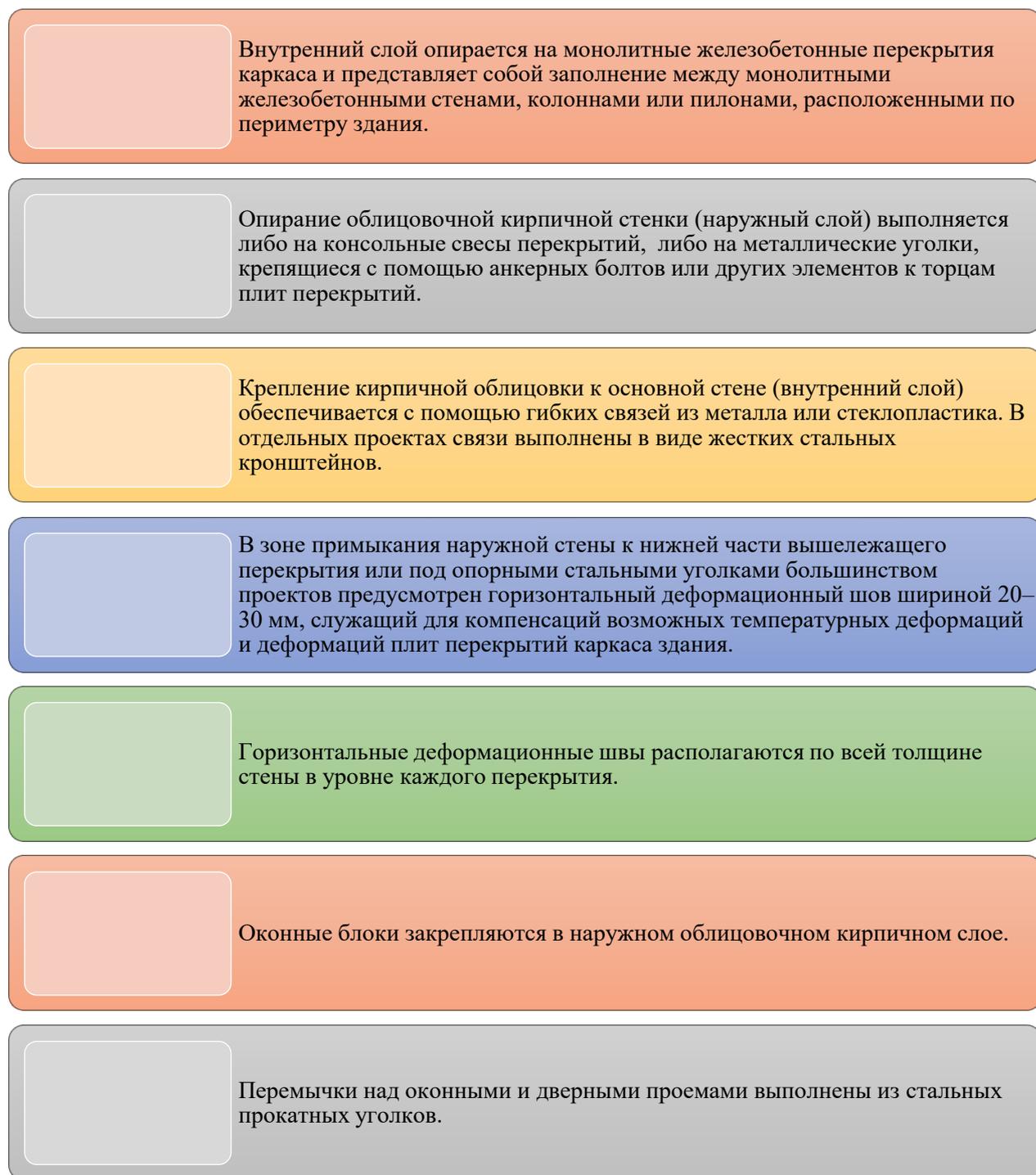


Рисунок 3.7 – Технологические особенности возведения многослойных стен

3.3 Дефекты, возникающие при несоблюдении технологии монтажа утеплителей при возведении зданий с многослойными наружными стенами

Также одним из основных факторов, влияющих на эксплуатационную надёжность трёхслойных теплоэффективных наружных стен в целом, является так называемый «человеческий фактор». Монтаж утеплителя, устройство воздушного зазора, монтаж гибких связей – весь комплекс этих работ становится определяющим для качественного исполнения конструкции стены.



Рисунок 3.8 – Монтаж утеплителя



Рисунок 3.9 – Монтаж утеплителя



Рисунок 3.10 – Монтаж утеплителя



Рисунок 12 – Дефекты при монтаже теплоизоляции с оштукатуриванием по сетке

Неадекватное исполнение стен на стадии монтажа с применением некачественных материалов (минераловатные утеплители с повышенным водопоглощением, стальные гибкие связи при некачественной и недолговечной антикоррозионной защите, недолговечный материал для флешинга, опорный столик под облицовочный слой из уголкового стали с неполноценной антикоррозионной защитой) создаёт большие проблемы и связано с большими материальными затратами при проведении предстоящего ремонта ввиду низкой ремонтпригодности этих элементов стены.

Таким образом, по результатам проведённого анализа можно сделать вывод, что обеспечение надёжности в эксплуатационном отношении на протяжении не ниже 40-60 лет данного типа теплоэффективных стен должно достигаться за счёт применения качественных материалов, квалифицированных кадров и строгого надзора при монтаже.



Рисунок 3.11 – Дефекты устройства штучных изделий при монтаже теплоэффективных стен



Рисунок 3.12 – Непроектное положение гибких связей

Произведенными обследованиями установлено, что наиболее характерными нарушениями, связанными с выполнением строительно-монтажных работ при возведении монолитных железобетонных зданий с кирпичной облицовкой многослойных фасадных стен, являются:

1. неудовлетворительное качество кладки наружного и внутреннего слоев наружных многослойных стен: отклонения от вертикали, нарушение перевязки лицевых кирпичей и технологии укладки растворных швов как по площади заполнения, так и по их толщине; наличие кладочного раствора в пустотах щелевого кирпича вследствие применения цементно-песчаного раствора повышенной пластичности; выполнение кладки из бетонных блоков внутренней стены насухо, без применения кладочного раствора или клеевых составов;

2. непроектное положение гибких связей или полное их отсутствие на отдельных участках наружных стен, отсутствие надежной анкеровки связей во внутреннем слое многослойной стены;

3. Нарушение при бетонировании длины консольных выпусков перекрытий по контуру здания, служащих для опирания кирпичной облицовки и, как следствие, нарушение глубины опирания кирпичной облицовочной стенки;

4. Несоблюдение толщины горизонтальных деформационных швов под плитами перекрытий или опорными уголками, их заполнение цементно-песчаным раствором, отсутствие качественной герметизации;

5. некачественная укладка утеплителя с зазорами между плитами утеплителя, отсутствие крепления утеплителя к внутреннему слою;

6. несоблюдение технологии кровельных работ при устройстве металлических покрытий парапетов, козырьков, балконов наличие зазоров и негерметичных стыков между листами покрытия, отсутствие надежного крепления металлических листов на парапетах и козырьках, недостаточный вынос конструкций отливов в проемах и на парапетах здания.



Рисунок 3.13 – Дефект в укладке утеплителя



Рисунок 3.14 – Обрушение облицовочного слоя из бетонных камней и выпучивание кирпичной облицовки зданий в Московской области

Допущенные ошибки при проектировании и возведении зданий в большинстве случаев проявляются после нескольких лет эксплуатации.



Рисунок 3.15 – Трещины в облицовке фасадов наружных стен

Анализ конструктивных решений многослойных фасадных стен обследованных зданий показывает, что принципиальное их отличие заключается в характере опирания облицовочного кирпичного слоя. С этой точки зрения все обследованные объекты можно разделить на два типа: с опиранием облицовочного слоя на перекрытия и с опиранием на стальные уголки. Остальные конструктивные особенности стен в обоих типах опирания могут быть одинаковыми.

Таким образом, для избежание повреждений и обрушений кирпичной кладки вышеперечисленные факторы следует учитывать на стадии проектирования, а также предусмотреть надежный контроль качества устройства слоистых наружных стен

3.4 Разработка рекомендаций для совершенствования системы контроля качества при возведении зданий с многослойными наружными стенами

Современные теплоэффективные стены являются многоэлементными конструкциями, что снижает их надежность с учетом вероятности отказов из-

за воздействия большого количества факторов, оказывающих влияние на их эксплуатационную надежность и долговечность.

Работоспособность и долговечность внутреннего несущего слоя теплоэффективных стен весьма высока и превосходит эти показатели для монослойных стен. Предопределяется это тем, что внутренний слой в течение всего срока эксплуатации объекта находится в режиме положительных температур. Материал внутреннего слоя не подвергается поверхностному замачиванию и осушению, циклическому замораживанию и оттаиванию в переходные периоды года. Безотказность (сохранение работоспособности) материала внутреннего слоя для всех видов многослойных стен в данном случае будет превосходить нормативный срок службы здания.

В более тяжелых условиях эксплуатируется наружный слой теплоэффективных стен на основе штучных стеновых материалов, гидрозащитная штукатурка в системах фасадной теплоизоляции, гидрозащитный листовой экран в системах «Вентфасад», открытые воздействию внешних факторов.

В таблице 3.2 и на рис. 3.15 приведены рекомендации по выбору строительных материалов и изделий для теплоэффективных наружных стен зданий.

Таблица 3.2 – Рекомендации по выбору строительных материалов и изделий для теплоэффективных наружных стен зданий

Наименование материала (элемента) стены	Факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную надежность и долговечность материалов отдельных элементов стены	Рекомендации по выбору строительных материалов и изделий для теплоэффективных стен и их характеристики
Внутренний несущий слой		
Вибропрессованные бетонные блоки	Физическое старение и деструкция материала в течение длительного времени (не менее нормативного срока службы здания)	M200-M500, F100-F200
Керамический кирпич		M100-M200, F50-F75
Силикатный кирпич		M100-M300, F35-F50
Железобетон на основе тяжелого бетона		B20 и выше, F100-F200
Автоклавные газобетонные блоки плотностью 400,500,600 кг/м ³	Карбонизация, размораживание поверхностного слоя при увлажнении	B1,5-B3,5, F15-F35
Теплоизоляционный слой		
Пенополистирол беспрессовый, $\gamma=18-25$ кг/м ³	Старение полимеров (пенополистирола, синтетических связующих минеральной ваты); деструкция при старении минеральных волокон минераловатных плит; деструкция при увлажнении и размораживании вследствие отказа наружного слоя	ПСБ-С, $\lambda_a=0,038-0,041$ Вт/м ^{°С} , $\mu=0,05$ мг/(м ^{°С} *Па)
Полужесткие базальт-волоконные плиты		Рагос, Rockwool, Акси, Тизол, $\gamma=35-60$ кг/м ³
Базальт-волоконные плиты повышенной жесткости $\gamma=100-180$ кг/м ³		Рагос, Rockwool, $\lambda_a=0,035-0,045$ Вт/м ^{°С} ,
Полужесткие стекловолоконные плиты, $\gamma=35-60$ кг/м ³		Isover, URSA, $\lambda_a=0,035-0,042$ Вт/м ^{°С}
Наружный облицовочный слой		
Вибропрессованные бетонные блоки	Деструктивные процессы при воздействии атмосферных осадков, замораживании-оттаивании в переходные периоды	M100 и выше, F100 и выше
Керамический кирпич		M100 и выше, F50
Объемно-окрашенный силикатный кирпич		M100 и выше, F50
Гидрозащитная штукатурка по сетке	Растрескивание и отслоение штукатурок вследствие усадки, перепада температур, замораживания конденсатной влаги, тарения арматурных сеток	M50-M150, F50-F75, прочность отрыва от основания ≥ 1 МПа, паропроницаемость $\geq 0,5$ г/(м ^{°С} *Па)

<p>Элементы защитного экрана в виде: -фиброцементных крупноразмерных листов (типа Этернит Семстоун,Фасст); - мелкоштучных фиброцементных элементов (типа Марморок, Колорок); -керамогранита</p>	<p>Деструктивные процессы в материале в условиях периодического замачивания-осушения, замораживания-оттаивания в переходные периоды, усадочное коробление фиброцементных листов, разрушение зоны контакта крепления листа шурупом, болтом. Физическое старение материала</p>	<p>F100 и выше</p>
<p>Опорные столики под облицовки, гибкие связи, металлофурнитура для навески защитного экран.</p>		
<p>Опорный столик под облицовочный слой: - из оцинкованной уголковой стали; - из конструкционного керамзитобетона; - из железобетона</p>	<p>Отказ оцинковки и коррозия металла от действия влаги Размораживание, выщелачивание и карбонизация бетона защитного слоя и коррозия арматуры</p>	<p>Керамзитобетон кл. В15, F50, плотностью 1800кг/м3 Железобетон кл. В25-В35 и выше, F200</p>
<p>Гибкие связи: - из легированной стали; - металлические оцинкованные; - базальтопластиковые; - стеклопластиковые</p>	<p>- нет - отказ защиты и коррозия металла от действия влаги - нет - нет</p>	<p>Высококачественная антикоррозионная обработка стальных связей, нержавеющей марки сталей</p>
<p>Металлофурнитура для навески защитного экрана</p>	<p>Коррозия металлофурнитуры при увлажнении минераловатных утеплителей</p>	



Рисунок 3.15 – Рекомендации о внедрении результатов исследований

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влагонакопление в ограждающих конструкциях в зимний период имеет прямое отношение к их долговечности только при наличии следующих условий: совпадения в них зоны резких колебаний температур и зоны конденсации, наличие циклов замораживания оттаивания. Более всего этим условия подвержены трёхслойные ограждающие конструкции с эффективным утеплителем в середине. Такие конструкции потребуют капитального ремонта раньше положенного срока их эксплуатации.

При анализе нормативных документов в области тепловой защиты, и в ходе дальнейшего исследования было выявлено:

- 1) Ошибки проектировщиков, не учитывающие характер влажностного состояния стен в зимний период эксплуатации;
- 2) Проектные решения не предусматривают отвод влаги из зоны конденсации;
- 3) Нарушение технологии монтажа и крепления утеплителя для теплоэффективных стен критически снижает срок службы всего объекта строительства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 31168 – 2014 «Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление».
2. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
4. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника»
5. VYTCHIKOV Y. S., SAPAREV M. E., Dar'ya D. K. OPTIMIZATION OF THE HEAT AND HUMIDITY MODE OF MULTI-LAYER BUILDING ENCLOSING STRUCTURES //Urban construction and architecture. – 2020. – Т. 10. – №. 4. – С. 36-41.
6. Ананьев А. И. Влажностный режим и долговечность наружных стен зданий //АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2018. – №. 8. – С. 32-39.
7. Ананьев А. И., Ананьев А. А. Долговечность и энергоэффективность наружных стен из облегченной кирпичной кладки //Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – №. 3. – С. 352-356.
8. Ананьев А. И., Ананьев А. А. Теплозащитные свойства и долговечность непрозрачных фасадных систем зданий //Вестник МГСУ. – 2011. – №. 3-1. – С. 146-151.
9. АНАНЬЕВ А. И., РЫМАРОВ А. Г., ТИТКОВ Д. Г. Теплотехнические свойства и долговечность наружных облицовочных слоев кирпичных стен зданий //Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – №. 7. – С. 22-30.
10. Бабков В. В. и др. Проблемы надежности наружных стен зданий из автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения //Строительные материалы. – 2011. – №. 2. – С. 55-57.
11. Борисова К. А., Комлев А. А. Влияние образования конденсатной влаги на теплотехнические свойства стеновых ограждений //Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. – 2019. – С. 346-350.
12. Вытчиков Ю. С., Дементьева А. А., Горин В. М. Теплофизический расчет трехслойной керамзитобетонной стеновой панели //Строительные материалы. – 2012. – №. 11. – С. 82-83.
13. Гагарин В. Г., Зубарев К. П., Ахметов В. К. Способ определения влажностного режима стены здания. – 2018.
14. Гнездилова О. А. и др. Анализ энергоэффективности многослойных ограждающих конструкций с различными теплоизоляционными материалами //Альманах современной науки и образования. – 2013. – №. 5. – С. 48-53.
15. Григоров А. Г. Исследование влияния ветрового режима на тепло-влагообмен ограждающих конструкций зданий : дис. – Волгоградская государственная архитектурно-строительная академия, 2003.
16. Жеребцов А. В. Строительная мифология: дышит-значит живой //Кровельные и изоляционные материалы. – 2017. – №. 1. – С. 9-13.

17. Калинина А. И., Плаксина Е. В., Долбилова М. А. Основы расчета влажностного режима ограждающих конструкций //Иновации и инвестиции. – 2021. – №. 4. – С. 231-234.
18. Кивокурцев В. А. ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СФТК В Г. ИРКУТСКЕ //ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК. – 2018. – С. 42-50.
19. Кирюдчева А. Е., Шишкина В. В., Немова Д. В. Энергоэффективность ограждающих конструкций общественных зданий //Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2016. – №. 5. – С. 19-30.
20. Кольман О. Я. Проектные решения на основе применения современных строительных материалов столовых вахтовых поселков : дис. – Сибирский федеральный университет, 2017.
21. Константинов А. А. Энергоснабжение: учебно-методическое пособие. – 2021.
22. Копылова А. И., Богомолова А. К., Немова Д. В. Влажностный режим ограждающей конструкции с облицовкой силикатным кирпичом //Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – №. 6. – С. 74-86.
23. Корниенко С. В. и др. ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА В МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДЕНИЯХ //Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta. Seriya: Stroitelstvo i Arhitektura. – 2021. – №. 85.
24. Корниенко С. В. и др. Оценка влажностного режима многослойной стеновой конструкции в годовом цикле //Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – №. 6. – С. 19-33.
25. Корниенко С. В. Инженерная оценка влажности наружных стен //Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2015. – №. 1. – С. 19-19.
26. Корниенко С. В. О применимости методики СП 50.13330. 2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультizonальной конденсацией влаги //Строительство и реконструкция. – 2014. – №. 5. – С. 29-37.
27. Корниенко С. В. Оценка влажностного режима многослойной ограждающей конструкции с мультizonальной конденсацией влаги //Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2015. – №. 41. – С. 24-33.
28. Корниенко С. В. Экспресс-анализ влагонакопления в наружных стенах //Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2020. – №. 1. – С. 16-23.
29. Корниенко С. В., Попова Е. Д. " Зеленое" строительство в России и за рубежом //Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – №. 4. – С. 67-93.

30. Куприянов В. Н. Совершенствование метода расчета по защите от переувлажнения ограждающих конструкций //Жилищное строительство. – 2017. – №. 5. – С. 38-43.
31. Куприянов В. Н., Сафин И. Ш. Проектирование ограждающих конструкций с учетом диффузии и конденсации парообразной влаги //Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – №. 1 (15). – С. 93-103.
32. ЛОБОВ О. И., АНАНЬЕВ А. И., РЫМАРОВ А. Г. Основные причины несоответствия фактического уровня тепловой защиты наружных стен современных зданий нормативным требованиям //Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – №. 11. – С. 67-71.
33. Мирончук В. С., Юркевич И. В. Энергоэффективные наружные стены жилых и гражданских зданий. – 2015.
34. Мышов М. Ю., Тарасюк П. Н., Трубаев П. А. Результаты исследований теплозащитных свойств ограждающих конструкций в натуральных условиях //Образование, наука, производство. – 2015. – С. 1330-1335.
35. Пакуш С. Ю., Щетинина Д. Д., Гойкалов А. Н. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ УТЕПЛЕНИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ //ВЕСТНИК МАГИСТРАТУРЫ. – 2017. – №. 4-3. – С. 88.
36. Пастушков П. П. и др. Расчетное определение эксплуатационной влажности автоклавного газобетона в различных климатических зонах строительства //Вестник МГСУ. – 2015. – №. 2. – С. 60-69.
37. Резвов О. А. и др. Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения //Magazine of Civil Engineering. – 2010. – №. 8. – С. 28-31.
38. Синицына А. С. Оценка влияния внешних факторов на скорость воздушного потока и влагоудаления из воздушного зазора вентилируемого фасада //Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – №. 1 (40). – С. 46-50.
39. Халимов Р. К. Исследование совместной работы строительных материалов в составе современных многослойных теплоэффективных наружных стен зданий : дис. – Уфа : Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Специальность: 05, 23.05-Строительные материалы и изделия, 2007.
40. Чайка В. А., Филимонова О. С. Формирование микроклимата в жилых квартирах панельных зданий при наружном утеплении фасада //Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. – №. 6. – С. 98-104.
41. Чернова А. С., Никифорова А. В. ОЦЕНКА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОГРАЖДАЮЩИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ СТРОЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА //Образование. Наука. Производство. – 2018. – С. 539-543.

42. Чеснокова О. Г. Анализ влагонакопления в пенобетонном блоке // *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i Arhitektura.* – 2017. – Т. 47. – №. 66.
43. Чеснокова О. Г., Чеснокова В. Д., Чеснокова М. Д. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ВЛАГИ В КОНСТРУКЦИИ СТЕНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ // *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i Arhitektura.* – 2020. – №. 81.
44. Чеснокова О. Г. Сравнительный анализ влагонакопления в ограждающей конструкции в зависимости от расположения слоя утеплителя // *Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i Arhitektura.* – 2017. – Т. 47. – №. 66.
45. Государственный доклад «О состоянии энергосбережения и повышения энергетической эффективности в РФ» // Министерство экономического развития Российской Федерации. – 2019.
46. Проект Государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» – М.: Энергосовет. – № 4. – 2009. – 14 с.
47. Mavlyuberdinov A., Mukminov R. Research on problems of panel buildings // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering.* – 2019. – С. 1-6.
48. Ананьев А. И., Лобов О. И., Можаяев В. П., Вязовиченко П. А. Влияние
49. различных факторов на долговечность конструкций, утепленных пенополистиролом // *Жилищное строительство.* – 2003. – № 3. – С. 5-10.
50. Давидюк А. Н., Давидюк А. А. Деформативные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях // *Бетон и железобетон.* – 2008. – № 1. – С. 10-13.
51. Давидюк А. Н. Легкие конструкционно-теплоизоляционные бетоны на стекловидных пористых заполнителях // М.: Красная звезда. – 2008. – 208 с.
52. Давидюк А. Н., Давидюк А. А. Прочностные свойства легких бетонов на стекловидных заполнителях для многослойных ограждающих конструкций // *Бетон и железобетон.* – 2008. – № 6 – С. 9-13.
53. Ищук М. К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кирпичной кладки // М.: РИФ «Стройматериалы». – 2009. – 360 с.
54. Лившиц Д. В., Павлова М. О., Простяков А. В. Технология современного строительства последнего десятилетия. Проблемы и решения конструкций зданий с многослойными наружными стенами // *Технологии строительства.* – 2009. – № 1. – С. 24-27.
55. Логинова Е. В., Евдокименко М. О. Оценка теплоэнергоэффективности ограждающих конструкций частного жилого дома // *Вестник ХГУ им. Н. Ф. Катанова.* – 2017. - № 20. – С. 26-31.

56. Лстибурек Д. Новый подход к недорогому строительству домов с низким энергопотреблением // Департамент жилищного строительства Атланты. – 1994. – ISBN 0-88654-074-7.
57. Лстибурек Д. Справочник строителя по Структурным Изолированным Группам (ГЛОТКИ) для всех Климатов // Building Science Press. – 2008. – ISBN 978-0-9755127-8-4.
58. Лстибурек Д. Справочник строителя по холодным климатам // Building Science Press. – 2004. – ISBN 0-9755127-1-4.
59. Монастырев П. В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий : учебное пособие // М.: Издательство АСВ. – 2002. – 160 с.
60. Назиров Р. А., Тараненко Д. В., Веде П. Ю. Применение материалов с изменяющимся фазовым состоянием в ограждающих конструкциях // Строительство и реконструкция. – 2019. – № 2. – С. 90-105.
61. Нестле Х. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии // М.: Техносфера. – 2013. – 864 с.
62. Обозов В. И., Давидюк А. А. Напряженно-деформированное состояние кирпичной облицовки фасадов здания // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2010. – № 2. – с. 34-37.
63. Плешков С. Ю., Пастухова Л. Г. Решение проблем энергосбережения в условиях холодного климата // Вестник АГТУ. – 2015. – № 2 (60). – ISSN 1812-9498.
64. Примак Л. В., Чернышов Л. Н. Энергосбережение в ЖКХ : учебно-практическое пособие в системе ЖКХ // М.: Академический проект; Альма Матер. – 2011. – 581 с.
65. Соколов Г. К., Гончаров А. А. Технология возведения специальных зданий и сооружений: учебное пособие для студентов высших учебных заведений // М.: «Академия». – 2005. – 352 с.
66. Теличенко В. И., Терентьев О. М., Лapidус А. А. Технология строительных процессов: учебник для строительных вузов в 2 ч. // М.: Высшая школа. – 2005. – 392 с.
67. Терехова И. И., Панасенко Л. Н., Клиндух Н. Ю. Организационно-технологическая документация в строительстве: учебно-методическое пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования // Красноярск: СФУ. – 2012. – 40 с.
68. Хамзин С. К., Карасев А. К. Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие для строит. спец. вузов // М.: ООО «БАСТЕТ». – 2006. – 216 с.
69. Кузнецова Е. В. Проблемы и решения конструкций зданий с многослойными наружными стенами // Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки. – 2009. – с. 2098-2105.
70. Agis M.P. Forty years of regulations on the thermal performance of the building envelope in Europe: Achievements, perspectives and challenges // Energy and Buildings 127. – 2016. – с. 942-952. [Электронный доступ]

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778816305400?via=ihub>.

71. Арнгольд А. А., Халимов О. З. Эффективность работы теплоизоляции в многослойных конструкциях // Перспективы науки. – 2019. – № 5 (116). – С. 46-53 [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39186626>.

72. Валеева Е. Г., Лобанов Е. Ю. Проблемы типовой застройки // Вестник молодых ученых СПГУТД. – 2019. – № 4. – С. 239-244. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41362039>.

73. Водопьянов Р. Ю. Моделирование и расчет крупнопанельных зданий в ПК ЛИРА-САПР 2017 // Жилищное строительство. – 2017. – № 3. – С. 42-48. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=28879471>.

74. Генералов К. П. Взгляд на модернизацию вторичных жилых комплексов через призму энергоэффективности // Вестник СИБИТа. – 2018. – № 1 (25). – С. 82-88. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=32729467>.

75. Григоренко К. А., Петренева О. В. Реконструкция домов первых массовых серий как способ увеличения полезной площади // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2016. – № 1. – С. 47-55. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=25681702>.

76. Гришина Т. Ф., Саблин А. Э., Бахарев А. В. Пример решения реконструкции и модернизации панельных домов в условиях моногорода // Наука Удмуртии. – 2018. – № 2 (84). – С. 26-28. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=35311388>.

77. Егорова И. А., Жуковский Р. С. Принципы архитектурно-градостроительного развития жилых кварталов 1950-1970-х гг. Застройки в крупных Сибирских городах // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 79-85. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=41575748>.

78. Кабанова Т. В., Енюшин В. Н., Ануфриев С. Э. Тепловизионная съемка как способ оперативного контроля теплозащитных свойств ограждающих конструкций // Известия КазГАСУ. – 2019. – № 3 (49). – С. 104-111. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=45689924&www.elibrary.ru/item.asp?id=40801154>.

79. Каргина Е. Е., Чубаров В. Е. Анализ существующих методов оценки податливости связей крупнопанельных зданий // Молодой исследователь Дона. – 2017. – № 5 (8). – С. 64-71. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=30280762>.

80. Карташова К. К. Перепланировка квартир в соответствии с социальными потребностями семей // АМІТ. – 2015. – № 5. – С. 3 [Электронный доступ] <https://cyberleninka.ru/article/n/pereplanirovka-kvartir-v-sootvetstvii-s-sotsialnymi-potrebnostyami-semey/viewer>.

81. Кисляков М. А., Симакова У. Ф. Выбор объемно-планировочных решений для строительства энергоэффективных жилых

зданий // Социально – экономическое управление: теория и практика. – 2018. – № 3 (34). – С. 126-130. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35691045>.

82. Коротаяева Е. А., Маляр В. В. Фасады и их реконструкция // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. – 200 с. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36654037>.

83. Крылова О. С. Совершенствование CLT панелей // Омега сайнс. – 2020. – С. 84-86. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42910067>.

84. Лобикова О. М., Лобикова Н. В. Повышение энергоэффективности жилых зданий: проблемы, опыт решения // Россия: тенденции и перспективы развития. – 2018. – № 13-2. – С. 351-353. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=36523541>.

85. Ловчагина Е. С. Развитие застроенных территорий 1960-х — первой половины 1970-х годов в городе Иркутске: сравнительный анализ вариантов // Баландинские чтения. – 2018. – № 13 (1). – С. 579-585. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=36350174>.

86. Логинова В. В., Смирнова Ю. О. Анализ проблем эксплуатации панельных жилых домов и определение повреждений в результате износа на примере жилого дома по у. Бородина, 17 // Аллея Науки. – 2017. – № 9. – С. 127-134. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29448397>.

87. Малышева В. А., Фризен Е. Г., Адигамова З. С. Модернизация фасада существующих зданий в соответствии с теплотехническими нормами // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2020. – № 4 (35). – С. 588-593. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44547964>.

88. Меерович М. Г., Малько А. В., Козлова Л. В., Гладкова Е. А. Реновация панельной застройки 1960–1980-х гг. в Германии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2017. – № 1 (20). – С. 111-119. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=28864879>.

89. Нечкова О. В. Мировой опыт модернизации панельных жилых зданий // Научные исследования молодых ученых. – 2020. – С. 149-153. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=42833902>.

90. Николаев С. В. Инновационная замена КПД на панельно-монолитное домостроение (ПМД) // Жилищное строительство. – 2019. – № 3. – С. 3-10. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37571490>.

91. Новосельцева Е. Л., Шалгинова Н. В., Чарушина М. С. Повышение энергоэффективности стыков панельных домов новых и старых серий // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017). – 2017. – С. 1640-1649. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32630669>.

92. Пермяков М. Б., Краснова Т. В., Давыдова А. М. Капитальный ремонт и реконструкция крупнопанельных домов постройки 50-70 годов // Li international correspondence scientific and practical conference "International scientific review of the problems and prospects of modern science and educa-

tion". – 2018. – С. 26-29. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36623025&selid=36623170>.

93. Плотникова С. В. Влияние ограждающих конструкций на обеспечение энергоэффективности и экологической безопасности панельных домов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – № 4 (126). – С. 132-135. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30480496>.

94. Попова Е. Е., Городилова А. Е., Куколев М. И. Повышение энергоэффективности домов с помощью навесных вентилируемых фасадов // Ростовский научный журнал. – 2017. – № 12. – С. 367-378. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32388611>.

95. Прокофьева И. А. Хрущевки – снос или реконструкция: современные тенденции // Жилищное строительство. – 2015. – №4. – С. 43-46. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=23369715>.

96. Рассанова А. В. К вопросу о мероприятиях по реконструкции жилых домов панельного типа // Россия в многовекторном мире: национальная безопасность, вызовы и ответы. – 2017. – С. 297-299. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29943954>.

97. Самандаров А., Юлдашев К. Применение системы навесных вентилируемых фасадов при реконструкции и в новом строительстве зданий // Science and Education. – 2020. – № 1 (3). – С. 244-249. [Электронный доступ] <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sistemy-navesnyh-ventiliruemyh-fasadov-pri-rekonstruktsii-i-v-novom-stroitelstve-zdaniy/viewer>.

98. Сеферян Л. А., Воронцова О. В., Швец Ю. С. Методы повышения энергоэффективности жилых зданий // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2 (49). – С. 130. [Электронный доступ] https://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_22_Seferyan_vorontsova_shvets.pdf_b8684b1524.pdf.

99. Сурсанов Д. Н., Пономарев А. Б. Определение приведенного сопротивления теплопередаче самонесущей стеновой панели // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2015. – № 4. – С. 144-165. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=25036953>.

100. Сычева Е. И., Петров А. П. Модернизация фасадов крупнопанельных домов как один из способов ревитализации жилой застройки современных городов // Актуальные вопросы техники, науки, технологий. – 2019. – С. 408-412. [Электронный доступ] <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37248097>

101. Тамразян А. Г., Дехтерев Д. С., Черник В. И. Расчет параметров надежности стыковых соединений сборных железобетонных конструкций с использованием метода конечных элементов // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 7. – С. 148-152. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=43831828>.

102. Тарасова Т. Г. Проблема индивидуализации квартир в панельных домах // Жилищное строительство. – 2012. – № 4. – С. 21-24. [Элек-

тронный доступ] <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-individualizatsii-kvartir-v-panelnyh-domah/viewer>.

103. Усадский Д. Г., Козлова Д. В., Макаров В. И. Теплотехнические испытания наружных ограждающих конструкций жилых домов массовой застройки в условиях капитального ремонта // Вестник евразийской науки. – 2020. – № 3. – 15 с. [Электронный доступ] <https://w.ww.elibrary.ru/item.asp?id=43881819>.

104. Халимов Х. Факторы, влияющие на планировку квартир в жилых зданиях и математическая оценка жилищного планирования // Евразийский Союз Ученых. – 2020. – № 1-2 (70). – С. 14-16. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=42468931>.

105. Шеина С. Г., Стародубцева А. С. Исследование показателей энергетической эффективности территорий реконструкции города Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4 (47). – 182 с. [Электронный доступ] https://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_77_Sheina_Starodubtceva.pdf_b416753d77.pdf.

106. Шибеева Г. Н., Ибе Е. Е., Баев М. В., Редина Е. В. Анализ тепловой защиты зданий, построенных с применением вентилируемых фасадных систем // Вестник Евразийской науки. – 2018. – №5. – 70 с. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=36768695&>.

107. Шибеева Г. Н., Ибе Е. Е., Гоголь Д. Д., Крещук А. А., Никитин А. Д. Комплексный анализ нормативного регулирования тепловой защиты зданий с позиции теплотехнических неоднородностей // Вестник Евразийской науки. – 2021. – № 3. – 7 с. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=46582226>.

108. Юдин И. В., Петрова И. В., Богданов В. Ф. Совершенствование конструктивных решений, технологии и организации строительства крупнопанельных и панельно-каркасных домов Волжским ДСК // Строительные материалы. – 2017. – № 3. – С. 4-8. [Электронный доступ] <https://elibrary.ru/item.asp?id=28880762>.

109. Решения Basf в области теплоизоляции // Аналитический портал химической промышленности. [Электронный доступ] http://www.newchemistry.ru/blog.php?categorylog&id_company=28&n_id=8319&page=31.

110. Васильев Г.П. Одна из главных проблем энергоэффективности – отсутствие контроля качества строительства // Энергосбережение. 2014. № 6. С. 10–12

111. Крышов С.И., Курилюк И.С. Проблемы экспертной оценки тепловой защиты зданий // Жилищное строительство. 2016. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ekspertnoy-otsenki-teplovoy-zaschity-zdaniy> (дата обращения: 27.06.2022).

112. Оганджян, Г. С. Инновационные возможности решения проблем многослойных наружных кирпичных стен с плиточным эффективным утеплителем в массовом бюджетном жилищном домостроении РФ / Г. С.

Оганджаниян, Д. Г. Оганджаниян // Инновации в современной науке : Материалы VIII Международного весеннего симпозиума, Таганрог, 30 мая 2015 года / Центр научной мысли; научный редактор С. П. Акутина. – Таганрог: Издательство "Перо", 2015. – С. 6-14. – EDN TZRVIJ.

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХТИ – филиал СФУ
институт
Строительство
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Г.Н. Шibaева
подпись инициалы, фамилия
«29» 06 2022г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

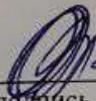
Совершенствование технологии и организации строительства зданий
с наружными многослойными теплоэффективными стенами
в условиях холодного климата

Тема

08.04.01 Строительство
код и наименование направления

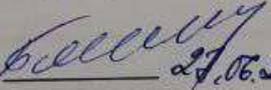
08.04.01.16 Промышленное и гражданское строительство: проектирование
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель

27.06.22 к.т.н., доцент
подпись, дата должность, ученая степень

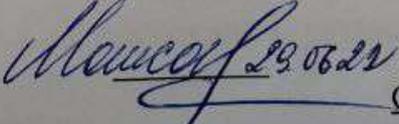
Г. Н. Шibaева
инициалы, фамилия

Выпускник

27.06.22
подпись, дата

И. В. Баев
инициалы, фамилия

Рецензент

29.06.22 ген. директор
подпись, дата должность, ученая степень
ООО «СЗ «МК-Групп»

С. И. Можаров
инициалы, фамилия

Абакан 2022