

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Технология строительного производства»

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Совершенствование технологии и организации работ по устройству навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий»

Студент

О.А. Зябрева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

А.А. Руденко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

д.э.н., к.т.н., профессор, А.А. Руденко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой ПГСигХ

к.т.н., доцент, Д.С. Тошин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Теоретические аспекты организации устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.....	8
1.1 Роль и значение фасадных систем в конструктивных решениях зданий.....	8
1.2 Возможность применения фасадных систем для реконструкции жилищного фонда.....	13
1.3 Анализ и характеристики навесных вентилируемых фасадов.....	17
2 Анализ технологии и организации устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.....	21
2.1 Анализ технологии и организации навесных вентилируемых фасадов.....	21
2.2 Методика оценки долговечности и надежности навесных вентилируемых фасадов методами вероятностного моделирования.....	34
2.3 Моделирование выполняемых работ по устройству и организации навесных вентилируемых систем из керамогранитных плит.....	38
3 Технические, технологические и организационные решения по устройству и организации навесных вентилируемых фасадов.....	41
3.1 Предложения по оптимизации технических решений устройства навесных вентилируемых фасадов.....	41
3.2 Предложения по технологии и организации устройства навесных вентилируемых фасадов.....	55
3.3 Технико-экономическое обоснование предложенных мероприятий.....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В настоящее время исполнение требований по тепловой защите ограждающих конструкций существующих зданий является важным направлением. По последним данным около 35 процентов потерь тепловой энергии приходится на наружные стены. Таким образом, установление требуемого уровня класса энергетической эффективности и повышение тепловой защиты ведет к необходимости уменьшения расходов на отопление, а так же повышению качества эксплуатации зданий, что увеличивает срок жизненного цикла строительных конструкций.

Федеральный закон Российской Федерации №261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» предусматривает ряд мероприятий, которые позволят обеспечить соответствие показателя теплового сопротивления наружных стен современным требованиям. Данные мероприятия предполагают осуществлять утепление наружных стен с помощью устройства систем наружного утепления фасадов. Как известно, существует два основных конструктивных решения систем наружного утепления фасадов – это фасадные системы теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями и навесные вентилируемые фасадные системы, которые предусматривают воздушный зазор.

“Исходя из обобщения опыта по применению систем наружного утепления фасадов на территории Российской Федерации, выявлено, что наиболее широкое применение в современных условиях получили навесные вентилируемые системы с воздушным зазором. Несмотря на то, что эксплуатационные качества утепленных зданий и экономическая целесообразность устройства систем наружного утепления требуют проведения дополнительных исследований, объемы данного вида строительных работ в России только увеличиваются и ежегодно составляют более 14 млн. м утепленных стен” [11].

Установлено, что более 290 млн. м нуждается в капитальном ремонте, что составляет 10,4% всего жилищного фонда РФ и 250 млн. м в реконструкции 10,4% всего жилищного фонда РФ. Ограждающие конструкции зданий, спроектированные до появления новых требований по тепловой защите, имеют низкий уровень показателей. Количество данных объектов составляют основную часть жилищного и общественного фонда Российской Федерации. Организация работ по теплоизоляции зданий в условиях капитального ремонта и реконструкции нуждаются в особом внимании. Несмотря на истечение большей части нормативного срока эксплуатации вышеперечисленных зданий, техническое состояние конструкций имеет высокий остаточный запас несущей способности, что позволяет проводить их утепление [12].

“Технология навесного вентилируемого фасада представляет собой конструкцию, включающую в себя облицовочные материалы и металлический каркас (подсистему), прикрепленную к внешней стене здания или межэтажному перекрытию. Конструкция навесного вентилируемого фасада предполагает свободную циркуляцию воздуха за облицовочным экраном, которая обеспечивается воздушным зазором. Движение воздуха не позволяет собираться конденсату и удаляет влагу из системы” [12].

“Все профили и крепления для вентилируемых фасадов имеют универсальное строение, поэтому системы могут применяться для решения различных архитектурных задач. Технология предполагает возможность использования различных облицовочных материалов, поэтому позволяет выполнить фасад в различном стиле – от классики до модерн. Главными особенностями являются улучшение теплоизоляционных показателей существующих эксплуатируемых зданий и защита от нежелательных атмосферных воздействий” [11].

Необходимо отметить, что в настоящее время системы навесных вентилируемых фасадов остаются пока дорогостоящим элементом здания. Для минимизации затрат, возникающих при проектировании, монтаже и

эксплуатации вентилируемых фасадов, необходим поиск новых и дальнейшее развитие существующих методов расчёта систем на период долгосрочной эксплуатации, разработка и совершенствование технологии и организации работ.

В этой связи, выбранная тема диссертационного исследования является актуальной и востребованной.

Степень разработанности темы. Установлено, что значительный вклад в решение теоретических и практических вопросов развития науки о навесных вентилируемых фасадах внесли работы: М.М. Бродача, В.Г. Гагарина, А.В. Оханцева, В.М. Горпинченко, Ю.Н. Козина, Т.А. Корнилова, Е.Г. Малявиной, Т.И. Мамедова, А.Н. Машенкова, Б.И. Петракова, Ю.А. Табунщикова, М.Н.Фленкина, К.Ф. Фокина и других специалистов в строительных компаниях: «Диат-2000», «Краспан», «Юкон инжиниринг», «Каптехнострой», Ассоциации «Наружные фасадные системы», «Фасады».

Однако вопросы технологии и организации работ по устройству навесных вентилируемых фасадов проработаны недостаточно.

Цель исследований - совершенствование технологии и организации работ по устройству навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий.

Предметом исследования диссертационной работы являются способы, методы, приемы выполнения работ по устройству вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.

Объект исследования данной работы – технология устройства навесного вентилируемого фасада из керамогранитных плит.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Обосновать возможность устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит существующих зданий.

2. Обобщить научно-технические достижения в вопросе выполнения работ по устройству навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.

3. Уточнить категории понятий: «вентилируемый фасад», «эффективность вентилируемого фасада», «технология устройства вентилируемого фасада».

4. Дополнить существующую классификацию навесных вентилируемых фасадов зданий.

5. Уточнить технологию устройства вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий.

6. Разработать предложения по содержанию типовых технологических карт устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.

7. Рассчитать эффективность технологии и организации работ по устройству навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий.

Методы исследования - анализ, синтез, индукция, дедукция, моделирование.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Уточнены категории понятий: «вентилируемый фасад», «эффективность вентилируемого фасада», «технология устройства вентилируемого фасада».

2. Дополнена существующая классификация навесных вентилируемых фасадов.

3. Уточнена технология устройства вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий.

4. Разработаны предложения по содержанию типовых технологических карт устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложений по технологии и организации работ по устройству

навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий, в деятельности строительных организаций.

Апробация результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждена приведенными в диссертации теоретическими разработками, практическими рекомендациями и расчетами, актом о внедрении и публикациями автора.

Результаты ВКР обобщены и опубликованы автором в 2-х научных статьях:

1. Вентилируемые фасадные системы, как конструктивный элемент реконструируемого здания/ Зябрева О.А., Руденко А.А// Международный научно-практический журнал «Теория и практика современной науки» № 1(19) – 2017, с. 1-5.

2. К вопросу о рациональном выборе утеплителя для навесного вентилируемого фасада из керамогранитных плит/ Зябрева О.А., Руденко А.А // Наука и образование: новое время/ № 6 – 2017, с. 1-7.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка из 45 источников и одного приложения. Общий объем работы 73 страницы машинописного текста.

1 Теоретические аспекты организации устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит

1.1 Роль и значение фасадных систем в конструктивных решениях зданий

Фасадные системы благодаря своей архитектурной выразительности в настоящее время пользуются огромной популярностью на строительном рынке и вызывают незатихающий интерес у профессиональных строителей, инвесторов, конструкторов и архитекторов, подбирающих наилучший вариант облицовки своего здания. С каждым годом всё больше растет агрессивность внешней среды, в связи с этим к конструкциям предъявляются все новые и новые требования.

Применение теплоизоляции при обустройстве фасадов в современном строительстве все больше выдвигается на первый план. Фасадные конструкции должны отвечать требованиям по эксплуатационной стойкости и обладать комплексом необходимых теплофизических показателей. Они позволяют защитить здание от ненужных воздействий атмосферы и придать фасадам современный облик.

Как известно самым распространенным видом отделки фасадов в России было покрытие их декоративным штукатурным слоем, как правило, тонким («мокрые фасадные системы»).

Устройство навесных вентилируемых фасадов (НВФ) с воздушным зазором является в большей степени успешной технологией отделки наружных стен. Система навесных фасадов в России стала использоваться относительно недавно, однако в некоторых странах данная система используется уже более 30 лет. Область применения этих конструкций достаточно широка: строительство и реконструкция жилых, административных, общественных и промышленных зданий [9 с.30].

Многослойные системы утепления и навесные вентилируемые фасады широко используются как из экономических, так и из экологических

соображений. Однако в стремлении достичь наивысшей функциональности фасадной системы нельзя забывать и об эстетике. Рынок сегодня предлагает широкий ассортимент материалов, удовлетворяющих обоим этим требованиям.

Исторические и современные здания можно эффективно утеплять и одновременно декорировать сообразно архитектурному стилю той или иной эпохи, сохраняя при этом индивидуальность каждого строения. Архитектурные элементы, декоративные профили, облицовочная плитка с клинкерной оптикой, керамика, русты, натуральный камень, стеклянные панели, мозаика и другое – все эти отделочные компоненты являются составной частью фасадных систем и долгие годы служат украшением фасадов зданий.

Эффективность свойств теплоизоляции и оригинальный архитектурный дизайн могут в наши дни отлично сосуществовать как единое целое. Предпосылкой к тому является способность соответствующих теплоизоляционных систем отвечать высочайшим техническим требованиям и при этом органично сочетаться с элементами архитектурного декора. Принципиальным моментом является учет четырех ключевых факторов: экологии, экономики, дизайна и функциональности.

Красота оформления фасадных теплоизоляционных систем в настоящее время не уступает эстетической привлекательности отделки неутепленных стен. Именно сегодня, когда снова стала цениться изысканность и индивидуальность, особую роль играет многообразие декоративных элементов и облицовочных материалов для отделки фасадов.

Облицовка фасада придает изюминку как современным, так и историческим зданиям. Какие бы ни использовались материалы, в любом варианте фасады с использованием теплоизоляционных систем приобретают большую индивидуальность, своеобразие и убедительность [10].

“Современное фасадное строительство позволяет быстро и с минимальными затратами преобразить внешний вид здания, образовав эффективную конструкцию, улучшающую эксплуатационные и дизайнерские характеристики

соответствующих строений” [25]. Технологии устройства фасадных систем, а также большой выбор отделочных материалов позволяют успешно осуществлять любые проекты облицовки.

“В настоящее время в этом секторе рынка наибольшей популярностью пользуются вентилируемые фасадные системы, которые отличаются продолжительным сроком службы и отличной функциональностью. На втором месте стоит фасадное остекление, предоставляющее возможность создавать идеальные светопропускающие поверхности на ровных и наклонных фасадах” [25].

“Конструкция фасада здания несет в себе несколько функций: в первую очередь защитную и декоративную. При выборе вида отделки фасада здания, нужно учитывать разрушительные природные факторы региона. Долговечность строения будет зависеть от правильного выбора фасадной системы” [34].

К природным факторам относятся: колебания температуры воздуха; косые дожди; солнечные лучи.

В классификацию навесных вентилируемых фасадов входят штукатурные, вентилируемые и традиционные системы облицовки ограждающих конструкций.

В Тольятти традиционной отделкой фасадов является кирпичная кладка. Наружная стена выполняет основную теплоизоляционную функцию. Декоративной функцией является клинкерный кирпич.

Ограждающие конструкции из кирпича не поддаются перепадам температуры и не деформируются от ультрафиолетовых лучей. Пористая конструкция кирпича имеет свойства высокого водопоглощения, в следствие этого нуждается в дополнительной гидрофобизации. Преимуществами являются:

- экологичность;
- прочность;
- пожароустойчивость.

Недостатками являются:

- дополнительные затраты на защиту от влаги;

- усиление фундамента;
- медленная скорость кладки.

Штукатурные фасады, называемые еще «мокрыми», делятся на легкие и тяжелые. Легкие штукатурные фасады пользуются популярностью за счет низкой стоимости. Эти многослойные конструкции состоят из четырех основных слоев: клея (полимерцементного), теплоизоляционного слоя, армированной сетки и отделочного покрытия (краски либо штукатурки). Легкие штукатурные фасады изготавливаются из экологически чистых материалов и просты в монтаже [7].

Тяжелые штукатурные фасады – толстая конструкция. Имеет высокий уровень теплоизоляции.

«Мокрые» фасады имеют ряд преимуществ перед другими отделочными материалами. Обладая невысокой стоимостью, мокрые штукатурные фасады имеют такие достоинства:

- большой выбор фактуры и цветовой гаммы;
- использование для утепления откосов;
- простота в монтаже;
- возможность частичной реконструкции.

Также популярность таких фасадов обусловлена их совместимостью с другими материалами. Они монтируются практически на все поверхности: кирпич, бетон (как монолитный, так и сборный), брус, ДСП.

К минусам можно отнести лишь то, что данный вид фасадов требует обновления штукатурки каждые 5-7 лет, поскольку уличная пыль очень сильно въедается в ее поры [19].

Вентилируемые фасады состоят из трех основных слоев: несущий, теплоизолирующий, декоративно-защитный. Делятся на два основных вида: колодцевая кладка и навесной вентилируемый фасад.

«Колодцевая кладка является видоизмененным фасадом из традиционного кирпича. За прочность конструкции отвечает несущая стена, а вот

теплоизолирующие функции выполняет паронепроницаемый облегченный слой утеплителя. Чаще для этой цели используют минеральную вату. Наружный, декоративно-защитный слой выполняется из кирпичной кладки. По всей поверхности несущей стены с помощью дюбелей и клея крепится минеральная вата. Между ней и фасадной кладкой оставляют зазор (тоже по всей площади стены). Вентиляционные отверстия планируют в нижней части (для притока наружного воздуха) и в верхней (для выхода воздуха наружу). Ввиду небольшой толщины, для устойчивости наружной стены используют анкера – механические стяжки, которые связывают несущую стену с фасадной. Устройство стены с использованием колодцевой кладки требует мастерства и внимания: недопустимы при работе потеки раствора или попадание мусора с внутренней стороны фасадной стены. Это чревато закупориванием вентиляционных зазоров, что приводит к нарушению циркуляции воздуха и снижению теплоизоляционного эффекта” [17]. Навесные вентилируемые фасады отличаются от колодцевой кладки наружным слоем, а теплоизолирующий и воздушный зазор, так же как и их монтаж, являются общими для обеих систем. Большим плюсом навесного вентилируемого фасада является простота монтажа, ведь он состоит из готовых заводских элементов и имеет широкий ассортимент как по цвету, так по форме и структуре. Навесные панели не только легко монтируются, но и поддаются легкому демонтажу в случае необходимости, а также позволяют придавать фасаду различные геометрические формы [17].

Повышенные требования к энергоэффективности фасадов зданий и общая концепция возведения любого объекта в Тольятти, как и в повсеместном строительстве, предусматривает устройство навесных фасадов, например, светопрозрачных на основе алюминиевых витражных систем.

При применении фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором при новом строительстве зданий затраты окупаются за счет их включения в сметную стоимость объекта [12].

Современные технологии и строительные материалы позволяют заполнить проемы практически любыми архитектурными формами. Таким образом, можно оформить не только прямоугольные сооружения, но и те, которые имеют, например, купольную или изогнутую конфигурации.

1.2 Возможность применения фасадных систем для реконструкции жилищного фонда

“Фасадные системы и конструкции в настоящее время широко используются и для отделки фасадов зданий – новостроек, и при ремонтах и реконструкции старых домов. Одной из причин активного применения навесных вентилируемых фасадов является удобство проведения монтажа и дальнейшего обслуживания. Кроме того, к серьезным достоинствам можно отнести то, что вентилируемые фасады весьма нетребовательны к предварительной подготовке наружных стен. Ряд городов России, содержит в структуре застройки высокую долю «хрущёвок». В 60-е годы остро стояла проблема улучшения жилищных условий — люди располагались в общежитиях, в бараках. Нужно было расселить их, и на предприятиях формировались очереди, потому что каждая отрасль получала деньги на социальную сферу, в том числе на жильё” [24].

Строительство в стране «хрущёвок» продолжалось до 1985 года. За данный период было построено около 290 млн. метров общей площади жилья, что составляет примерно 10 процентов всего жилого фонда страны [2].

Нормативные сроки эксплуатации жилых домов массовой застройки приведены в таблице 1.1 [34].

Таблица 1.1–Нормативные сроки эксплуатации жилых домов массовой застройки

Тип дома	Время постройки	Срок эксплуатации	Время сноса (нормативный срок)
1	2	3	4
Сталинские довоенные	1930-1940	125	2050-2070

1	2	3	4
Сталинские послевоенные	1945-1955	150	2095-2105
«Хрущевки» панельные	1955-1970	50	2005-2020
Кирпичные «пятиэтажки»	1955-1970	100	2055-2070
Панельные и блочные 9-16 этажные	1965-1980	100	2055-2080
Современные кирпичные и монолитные	1980-1998	125-150	2105-2150
Современные панельные	1980-1998	100-120	2070-2105

Железобетонные конструкции панельных жилых домов рассчитаны на 50 лет эксплуатации. Реально прослужить такие дома могут на 10-15 лет больше того срока, что заложено проектом.

Продление жизненного цикла можно достичь с помощью регулярного ремонта, а также правильной эксплуатации здания. Следует понимать, что ремонт отдельно взятой квартиры на состоянии дома никак не сказывается: дом от этого не станет меньше ветшать.

В настоящее время вышеуказанные дома устарели как физически, так и морально, и требуют обследования и реконструкции. Реконструкция таких жилых домов должна предусматривать повышение капитальности, улучшение объемно-планировочных решений и утепление ограждающих конструкций.

“Анализ технологических и технических решений проведения работ по утеплению наружных стен показал, что для России с её преимущественно неустойчивыми климатическими условиями наиболее рациональным следует считать производство работ, основанное на максимальном использовании сборных и мелкоштучных элементов облицовки без «мокрых» процессов. Таким решением является система НВФ” [3].

Из выцветших, выгоревших на солнце фасадов стандартных «хрущевок» и других домов позднесоветских времен можно сделать стильные, яркие, запоминающиеся цветовые акценты города только при помощи реконструкции

фасада с применением нужных цветовых сочетаний и приемов. Эти простые приемы смогут внести разнообразие и визуальный комфорт в однородную и поэтому «давящую» однообразную плоскость фасадов зданий, которые производят впечатление «заброшенных».

Сохранение существующего фонда зданий и сооружений, поддержание его функциональности - одна из важнейших задач, решаемых при оформлении фасадов. Профессиональная подготовка основания создает идеальную базу для устройства функционального, долговечного и внешне запоминающегося фасада. Применение навесных вентилируемых фасадов дает возможность, во-первых, "облачить" фасад в новейшие отделочные материалы, а во-вторых - повысить теплотехнические и звукоизоляционные показатели внешней конструкции и сделать её устойчивее к вредным атмосферным воздействиям.

Остается открытым лишь вопрос окупаемости. В период реконструкции ограждающих конструкций здания с применением фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором ввиду некоторых факторов (дороговизны составляющих фасадных систем, низких тарифов на тепловую энергию, высоких банковских кредитов) единовременные затраты на их устройство не окупаются. Долговечность таких конструкций составляет максимум 50 лет. Срок окупаемости единовременных затрат на устройство самой экономичной фасадной системы составляет от 45 до 50 лет [12].

Для снижения сроков окупаемости единовременных затрат на устройство вентилируемых фасадов необходимы исследования, результатом которых будет являться разработка новых экономичных фасадных систем. На сегодняшнем, уже сложившемся рынке фасадных систем в России на первом месте по использованию стоят системы с алюминиевым каркасом, на втором - с каркасом из оцинкованной стали, на третьем - с каркасом из нержавеющей стали.

Среди существующих строительных систем внешней отделки с утеплением или без утепления во многих случаях применение навесных

вентилируемых фасадов является оправданным, а в некоторых случаях — единственно возможным решением.

Согласно исследований величина (в тыс. кв. м) утепления наружных стен навесными фасадными системами с воздушным зазором применяемая в России по статистике с 2008 года с учетом прогнозируемых данных изображена графически (рисунок 1.1).

Что касается нового строительства, доля использования навесных вентиляруемых систем с воздушным зазором по основным сегментам рынка недвижимости от общего числа потребления представлена на рисунке 1.2.

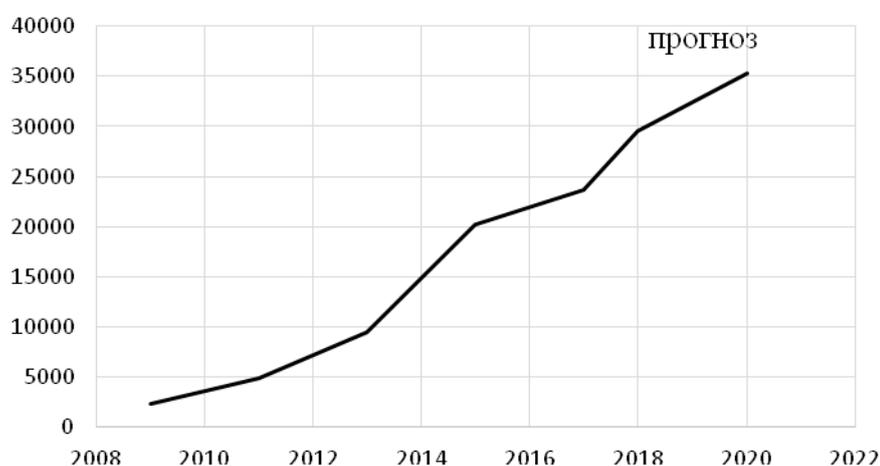


Рисунок 1.1 - Применение системы НВФ с воздушным зазором.

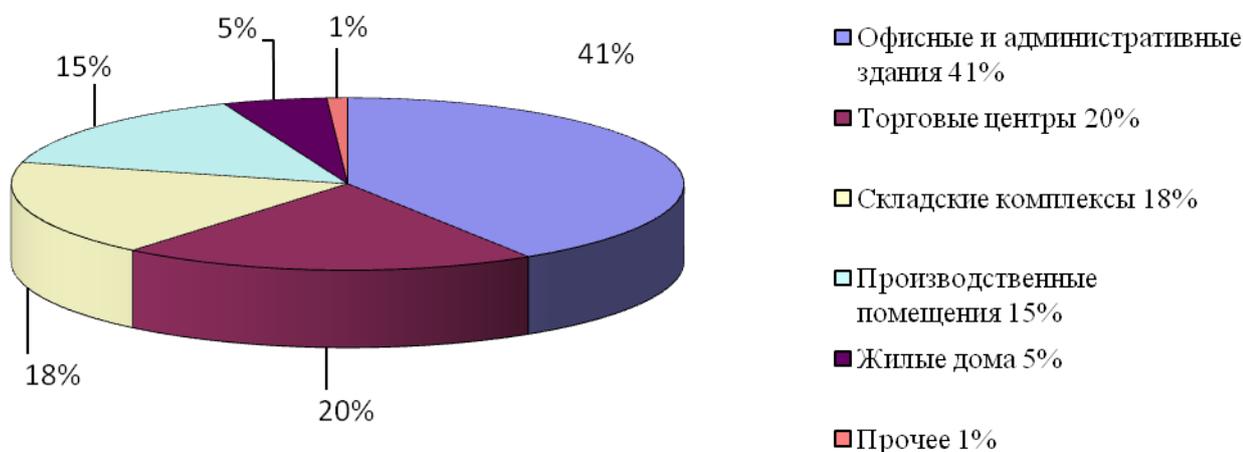


Рисунок 1.2 - Доля использования НВФ на объектах недвижимости

Таким образом использование данной системы утепления наружных стен будет является перспективной и востребованной еще многие годы.

1.3. Анализ и характеристики навесных вентилируемых фасадов

Приведем обзор исследований в области новых конструктивных решений вентилируемых фасадов по публикациям отечественных и зарубежных ученых [5, 10, 17, 16, 31, 36, 38].

Современные вентилируемые фасады представляют собой сложную многослойную конструкцию, которая применяется во время строительства различных зданий и объектов недвижимости для облицовки фасадов (наружных стен). Вентилируемый фасад - это навесная конструкция, которая благодаря используемым современным материалам отличается длительным сроком безремонтной службы, достигающим 50-ти лет. Конструкция навесного вентилируемого фасада представлена на рисунке 1.3.

Системы вентилируемых фасадов основаны на каркасной конструкции и состоят из следующих компонентов:

1. Облицовочные панели, выполняющие защитную функцию барьера (экрана), препятствующего воздействию влаги, ветра, солнца и прочего на утеплитель. Кроме того, наружная часть вентилируемого фасада (облицовочная панель) выполняет декоративную функцию. Вентилируемый фасад обеспечивает привлекательный и эстетичный внешний вид здания;

2. Утеплитель, основанный на минеральной или стекловате, примыкающий к стене. Одним из важнейших аспектов выполнения конструкции навесных вентилируемых фасадов является зазор, оставляемый между утеплителем и защитным экраном (облицовкой) НВФ. За счет данного (небольшого) зазора осуществляется свободное циркулирование воздушных масс, что, в свою очередь, не позволяет отсыреть утеплителю и фасаду, а также такая «воздушная подушка» является отличным теплоизолятором.



Рисунок 1.3 - Конструкция вентилируемого фасада[25]

Сами фасадные кассеты также закрепляются на некотором расстоянии от наружной поверхности здания, что обеспечивает вентиляцию воздуха и высушивание фасада. Кассеты фасадные закрепляются на поверхность здания при помощи специальных конструкций и фурнитуры. За счет данного типа укрепления вентилируемые фасады называются навесными.

3. Подоблицовочная конструкция (подсистема вентилируемых фасадов) состоит из кронштейнов, которые крепятся непосредственно к стене с помощью анкера (тип анкера индивидуален и зависит от структуры стены). К кронштейнам с помощью саморезов или заклепок крепятся несущие профили, к которым с помощью специальных элементов прикрепляется облицовочный материал.

Подсистемы вентилируемых фасадов отвечают следующим требованиям:

- надежное крепление к стене;
- надежное крепление облицовочного материала;
- возможность скрыть (нивелировать) неровности стен;
- выдерживают расчетные статические и динамические нагрузки.

В качестве основных преимуществ навесных вентилируемых фасадных систем можно выделить:

1. Универсальность. НВФ неприхотливы к перепадам температур и одинаково подходят для разных климатов, благодаря чему существует

возможность укрепления фасадов домов как в южных регионах, так и в районах крайнего севера. Это, в свою очередь, является так же показателем того, что современный вентилируемый фасад будет одинаково надежен как в зимний, так и в летний период.

2. Легкость монтажа. Монтаж и установка металлических, керамогранитных, алюминиевых и прочих фасадных кассет не вызывают проблем. Должная подготовка специалистов обеспечивает быстрое выполнение и качество работ.

3. Надежность и практичность. Срок гарантийной безремонтной службы вентилируемых фасадов (Москва) составляет от 20 до 25 лет.

4. Огнеустойчивость. Несмотря на то, что облицовка может быть выполнена из различных материалов, НВФ не является легко воспламеняемым. Фасадные кассеты либо невоспламеняемы, либо трудно воспламеняемы, что гарантирует отсутствие дополнительного риска возникновения огнеопасных ситуаций.

5. Звукоизоляция. Благодаря эффекту двойного звукопоглощения вентилируемый фасад обеспечивает надежную звукоизоляцию помещений. Это их качество способно решить многие проблемы современного строительства, ведь большинство крупных городов, в том числе и Москва, обладают повышенным уровнем шума.

6. Теплоизоляция. Утепление фасадов - одно из основных назначений данного материала. При применении НВФ в холодное время года температура помещений повышается, а в жаркое время - понижается на несколько градусов (примерно на 3 °С), чего не наблюдается при традиционных методах отделки.

7. Оформление фасадов. Для внешней облицовки вентилируемых фасадов используются материалы различных свойств, фактур и цветов. Существуют алюминиевые композитные панели, современные вентилируемые фасады из керамогранита, металлические фасадные кассеты. Используются: цинковое покрытие, сталь, защитный лак, полимерное покрытие (полиэстер, PVF2 и прочее), пассивирующий слой, грунтовка и т.д. Благодаря такому разнообразию выбора

вентилируемых фасадов, возможно создание оригинальных дизайнов внешней отделки зданий.

Таким образом классификация навесных вентиляруемых фасадов имеет следующий вид (Таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Классификация навесных вентиляруемых фасадов

№ п/п	Классификационный признак	Классификационный подпризнак
1	По виду облицовочного материала	- натуральный камень - керамогранит - агломератная плитка или искусственный камень - фиброцемент - алюминиевые композитные панели - линейные панели - ламинат высокого давления - стеклянные панели - терракотовая керамика - альтернативные материалы: клинкерная плитка, HPL панели, фотоэлектрические модули, медиакассеты*
2	По материалам несущей конструкции	- оцинкованная сталь - нержавеющая сталь - алюминий и его сплавы - дерево
3	От наличия теплоизоляционного слоя	- с утепляющим слоем - без утепляющего слоя
4	По типу крепления	- панели с креплением на стене - панели с креплением в плиты перекрытий
5	По долговечности*	- 20 лет - 50 лет; - 80 лет;
6	По стоимости конструкции*	- эконом вариант; - стандарт вариант; - премиум вариант.

*Предложено автором.

Дополнение существующей классификации позволило более обширно раскрыть виды облицовочных материалов, определить период долговечности конструкций и выявить ценовой диапазон.

2 Анализ технологии и организации устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит

2.1 Анализ технологии и организации навесных вентилируемых фасадов

Рассмотрим классификацию навесных вентилируемых фасадов.

1. Виды облицовочного материала:

- натуральный камень;
- керамогранит;
- агломератная плитка или искусственный камень;
- фиброцемент;
- алюминиевые композитные панели;
- линейные панели;
- ламинат высокого давления;
- стеклянные панели;
- терракотовая керамика;
- альтернативные материалы: клинкерная плитка, HPL панели, фотоэлектрические модули, медиакассеты.

Для того чтобы сравнить преимущества видов облицовки для вентилируемых фасадов, нужно рассмотреть каждый вид конструкции из каждого материала по отдельности.

Керамогранит. Относительно новым видом облицовки является керамогранит или искусственный камень. Придуманый итальянцами в конце 70-х годов прошлого века, он искусно имитирует натуральные материалы, демонстрируя отменные эксплуатационные свойства. Для производства керамогранита используется два вида глин – иллит и каолинит, которые переплавляются с добавлением кварцевого песка и полевого шпата. Этот процесс очень близок к производству фарфора, не зря итальянцы называют этот продукт *gressporcellanato* – фарфоровая керамика. Тандем пластичности одной глины и огнеупорности второй рождает материал с уникальными свойствами –

прочный, износоустойчивый, негорючий. Добавлением окислов металлов керамограниту придают широкую палитру текстур.

Среди иных достоинств материала можно выделить следующие:

- низкое водопоглощение;
- морозостойкость;
- инертность к бытовой и атмосферной химии;
- устойчивость к загрязнениям;
- экологичность.

Выигрывая в цене перед натуральным камнем, керамогранит находит применение в создании богатых и величественных фасадов жилых и офисных строений.

Натуральный камень. Несмотря на появление керамогранита, натуральный камень в системах навесных фасадов не теряет своей актуальности, производя особое впечатление уникального и эксклюзивного материала. Чаще всего в экстерьере используется гранит и мрамор. Из-за высокой стоимости такие материалы в основном применяются для облицовки стен правительственных учреждений и загородных особняков. Тем не менее затраты даже такого масштаба окупаются, ведь натуральные материалы поистине вечны.

Респектабельная внешность и непреходящая актуальность дополнена и рядом иных преимуществ:

- прочность;
- износоустойчивость;
- влагорезистентность;
- стойкость к атмосферным влияниям;
- экологическая чистота.

Минусом материала, помимо стоимости, можно назвать вес: монтаж может потребовать усиление фундамента и использование особо прочного каркаса.

Агломератная плитка или искусственный камень. Состоит из смеси каменной крошки разного размера и цементного раствора. Сочетает в себе все достоинства натурального камня. Плиты из этого материала довольно тяжёлые, поэтому они монтируются на каркас из нержавеющей стали. Плиты из искусственного камня абсолютно инертны ко всякого рода воздействиям, пожаробезопасны и долговечны.

Фиброцементные плиты. Фиброцементные плиты снискали большую популярность в гражданском строительстве благодаря доступной стоимости и универсальности. Основу плиты составляет цемент с включением гидравлических добавок и армирующих волокон, улучшающих влагостойкость плиты и ее прочность на изгиб и сжатие. Прессованные листы фиброцемента после предварительного отвердевания помещают в автоклавы, где под воздействием температуры и давления происходит их окончательная полимеризация.

Тыльная сторона плиты защищается слоем грунтовки, а на торцы и лицевую поверхность наносится акрило-полиуретановое защитное покрытие. Помимо гладкой окраски, поверхность может также быть фактурной, имитируя различные материалы: камень, кирпич, дерево.

Среди достоинств материала стоит отметить следующие:

- относительно небольшой вес (22–26 кг на плиту);
- не подверженность коррозии и гниению;
- огнеупорность;
- морозостойкость;
- экологичность.

Невысокая стоимость материала заставляет мириться с его недостатками:

- существенным влагопоглощением (до 10%) и сопутствующим линейным расширением;
- невысокой ударопрочностью.

Однако облицовка с использованием фиброцементных плит на сегодняшний день может считаться одним из экономически выгодных решений.

Алюминиевые композитные панели получили наибольшее распространение. Имея срок службы от 50 лет, они не подвержены коррозии, погодным воздействиям и сравнительно легки, что позволяет максимально снизить нагрузку на стены. В разрезе панель представляет собой два листа алюминия, между которыми заключен слой полиэтилена (дешевый, но пожароопасный материал) или гидроксида алюминия со смолой (более дорогой и негорючий наполнитель). Изнутри панель имеет антикоррозионное покрытие, а снаружи – защитный слой полиэстера или смеси поливинилиденфторида и акрила (PVDF). Второй тип покрытия более устойчив к выгоранию, механическим и атмосферным воздействиям, но обуславливает и более высокую стоимость панели.

Композитная облицовка демонстрирует ряд преимуществ:

- шумоизолирующие и антивибрационные свойства;
- прочность и визуальная монолитность готовой конструкции;
- гибкость и возможность создания криволинейных форм;
- стойкость к УФ-лучам и загрязнениям;
- богатая палитра цветовых решений, позволяющая создать индивидуальный стиль фасада.

Однако есть и недостатки:

- панели имеют низкую ремонтпригодность;
- применение полиэтилена обуславливает пожароопасность материала;
- достаточно высокая стоимость.

Линейные панели. Разновидность металлического сайдинга с закрытыми торцами, панели, изготовленные в соответствии с размерами здания. По форме линейные панели напоминают фасадные кассеты («коробки»). Выпускаются панели с закрытыми или открытыми торцами, с соединением «в

замок» или без него, с перфорацией крепёжных отверстий или на лицевой поверхности или без неё, узкими, широкими или ступенчатыми.

Ламинат высокого давления. Панели, изготовленные методом прессования при высокой температуре из древесного волокна и нескольких слоёв бумаги. В зависимости от количества слоёв бумаги толщина панелей варьируется от 0,6 до 25 мм. Один из самых дорогих отделочных материалов, весьма популярен в Европе.

Стекланные панели. Изготавливаются из ударопрочного или пуленепробиваемого стекла, с армированием или ламинированием, прозрачными, окрашенными или тонированными. Придают зданию презентабельный вид, но достаточно сложны и дороги в монтаже.

Терракотовая керамика. Терракотовые панели, объемная керамика или просто терракота – название одного и того же продукта, созданного из обожженной при температуре свыше 1000 °С глины специальных пород. Живое воплощение концепции экодома, терракота выпускается в широком ассортименте природных оттенков и фактур, позволяя претворять в жизнь самые виртуозные дизайнерские проекты. Терракота может иметь натуральную матовую поверхность и глазурованную, однородный оттенок или фактуру, имитирующую натуральный камень. В разрезе она пустотела, что обеспечивает хорошие шумо- и теплоизоляционные качества.

Ее отличиями также выступают:

- низкое водопоглощение (4–6%);
- негорючесть;
- высокая прочность на сжатие и изгиб;
- морозостойкость (до 150 циклов замораживания и оттаивания);
- минимальное температурное расширение.

Несмотря на немалый вес (от 35 кг/м²), который требует скрупулезного расчета нагрузки на стены, терракотовые панели – удачный выбор для

устройства роскошных вентилируемых фасадов с претензией на европейский стиль.

Альтернативные виды облицовки. Иногда стандартные виды облицовки неспособны полностью удовлетворить всем требованиям к фасаду. Составить им достойную альтернативу могут менее распространенные, но не менее перспективные материалы.

Клинкерная плитка, монтируемая на горизонтальные направляющие с последующей заделкой межплиточных швов, такая облицовка позволяет искусно имитировать кирпичную кладку, превосходя ее по энергоэффективности. Помимо этого, навесная клинкерная система не зависит от деформационных процессов в здании, которые обычно приводят к расхождению швов обычной облицовки. Сам же клинкер, проходя тот же высокотемпературный обжиг, что и терракота, лидирует по живучести, что наглядно демонстрируют городские фасады Старой Европы, уже более столетия, сохраняющие свою первоначальную привлекательность.

HPL панели. Ламинат, который под давлением формируется из смеси древесных волокон и термореактивных смол, отличается высокой плотностью и прочностью. Этот материал набрал популярность в европейских странах благодаря широкой палитре устойчивых к выгоранию цветов и текстур, малому весу и огнестойкости.

Фотоэлектрические модули. В связи с тенденцией перехода на альтернативные и экологически чистые источники электроэнергии в системах вентилируемых фасадов вместо панелей облицовки могут использоваться солнечные батареи. Проблема эстетичности такой обшивки уже решена физиками института Фраунгофера, разработавших наноструктурированные модули различных оттенков, реализованные с применением кремниевых полупроводниковых цветных подложек.

Медиафасады. В индустриально развитых странах, все большим успехом пользуются так называемые медиафасады. Их суть заключается в том, что на

каркас навешиваются экраны, на которых проецируется различная информация, в основном — реклама.

2. Несущая конструкция может быть изготовлена из следующих материалов:

- оцинкованная сталь;
- нержавеющая сталь;
- алюминиевые сплавы;
- дерево.

Подсистемы, в зависимости от вида облицовочных материалов, могут быть сделаны под крепления из керамогранита или фасадных металлических и композитных кассет.

Крепления кронштейнов бывают:

- для межэтажных перекрытий;
- простой способ крепления.

Выбор подсистемы зависит от множества факторов: агрессивность внешней среды, облицовочный материал, несущая способность стен.

Под фиброцементные панели, например, подходит оцинкованный фасадный профиль. Для композитных металлов можно использовать оцинкованную фасадную систему, которая покрыта полимером Крона AL.

Под керамогранитные плиты размером 600x600 мм также подойдет оцинкованная подсистема. Монтаж, как и под фиброцементные панели, проводится с помощью кляммеров. Далее рассмотрим плюсы и минусы подсистем навесных вентилируемых фасадов.

Плюсы алюминиевых подсистем:

- длительный срок работы, легкость, надежность;
- устойчивость к перепадам температур от -40 градусов до +80;
- можно использовать материал для теплоизоляции толщиной не более 250 мм;

- L-образный кронштейн хуже проводит тепло по сравнению с U-образными типами, что предотвращает нагревание конструкции;

- под них не нужно вырезать утеплители;

- повышенная устойчивость к сейсмической активности;

- удлинители для кронштейнов обеспечивают гладкую поверхность облицовочной части;

- удлинители одного вида можно монтировать на протяжении всей поверхности фасада;

- совместимы с светопрозрачными системами.

Плюсы подсистем из оцинкованной стали:

- устойчивы к коррозии;

- изолируют шум и тепло;

- долго служат и не нуждаются в ремонте в течение 25-50 лет;

- могут быть легко смонтированы в любой сезон года;

- хорошо проветривают внутренние слои фасада;

- могут быть монтированы на неровные стены, улучшая их вид;

- стоят дешевле, чем другие подсистемы;

- легко заменяются.

Срок службы систем НВФ в 3–5 раз больше, чем у систем мокрого типа.

У здания с вентфасадом снижаются сезонные затраты на косметический ремонт. Безремонтный срок эксплуатации вентилируемых фасадов составляет 20 лет и более.

Представленную классификацию систем навесного вентилируемого фасада, можно условно разбить на 4 категории отделки:

- Самый дешевый вариант – К1.

- Социально-ориентированный – К2.

- Повышенного качества – К3.

- Повышенной безопасности – К4.

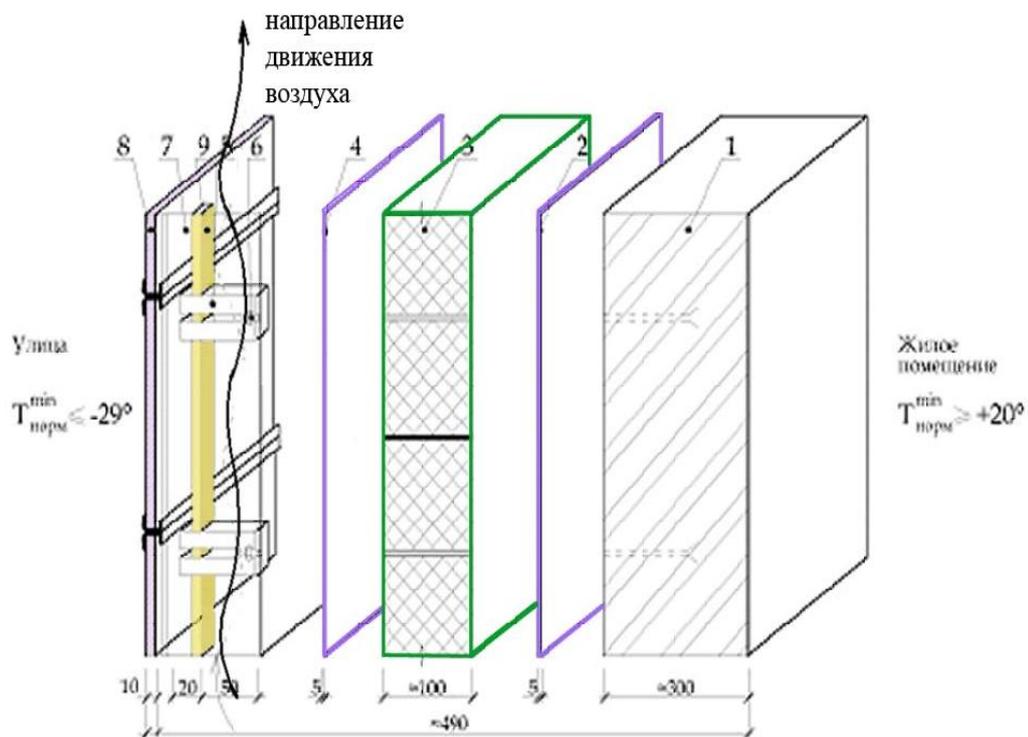


Рисунок 2.1 – Функциональная модель устройства навесного вентилируемого фасада №1 «дешевый» по критерию оптимизации K_1 – минимума стоимости [8]

- 1 – стена несущая: бетон монолитный;
- 2 – клей;
- 3 – утеплитель: плита минераловатная;
- 4 – ветрогидрозащитная пленка;
- 5 – стальные направляющие горизонтальные;
- 6 – дюбели зонтичные;
- 7 – стальные направляющие вертикальные;
- 8 – сайдинг виниловый;
- 9 – вентилируемая воздушная прослойка.

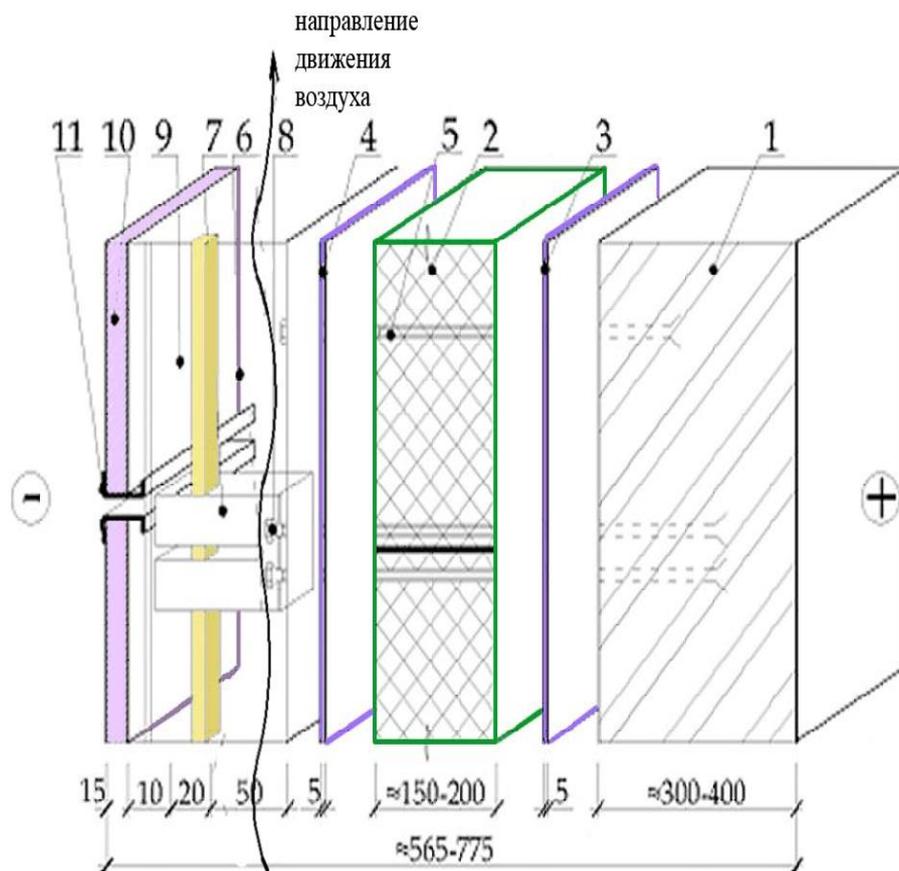


Рисунок 2.2 - Функциональная модель устройства навесного вентилируемого фасада №2 «социально ориентированный» по критерию оптимизации K_2 – минимума затрат труда [8]

- 1 – несущая стена: блок, панель, железобетон;
- 2 – утеплитель: плита минераловатная;
- 3, 4 – ветрогидрозащитная пленка;
- 5, 8 – дюбели анкерные, сталь;
- 6 – вентилируемая воздушная прослойка;
- 7 – стальные направляющие горизонтальные;
- 9 – стальные направляющие вертикальные;
- 10 – панели композитные;
- 11 – защелки автоматические.

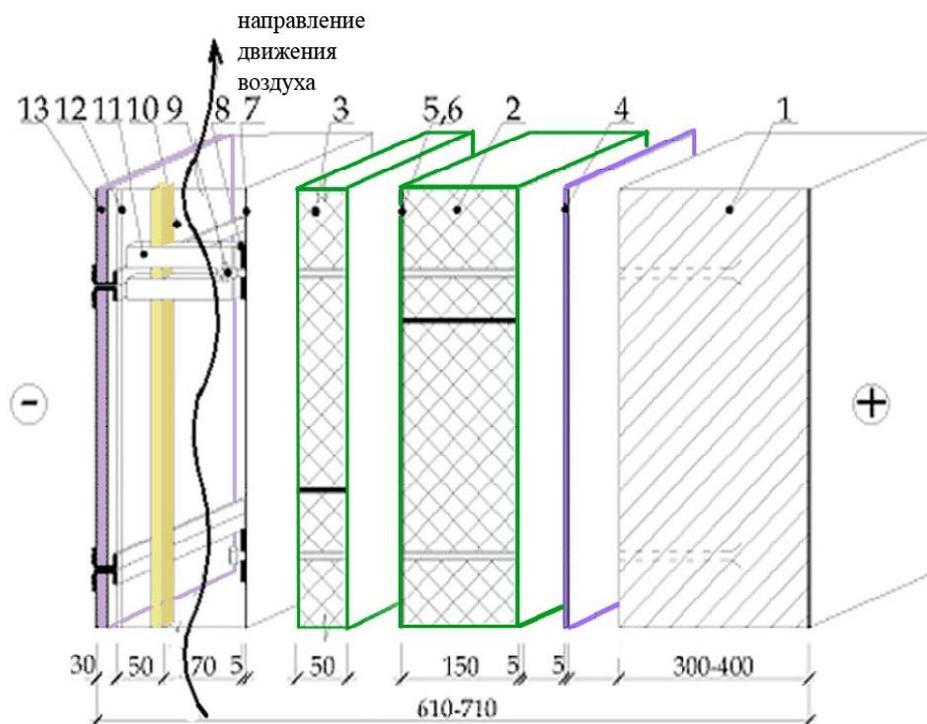


Рисунок 2.3 - Функциональная модель устройства навесного вентилируемого фасада №3 «повышенного качества» по критерию оптимизации K_3 – повышенного [8]

- 1 – несущая стена: железобетон монолитный, кирпич;
- 2, 3 – 2 слоя утеплителя;;
- 4, 7 – ветрогидрозащитная пленка;
- 5,6 – устройство защитной пленки при монтаже и транспортировки;
- 8 –шайбы – прокладки теплоизоляционные;
- 9 –анкерные дюпели, сталь;
- 10 – вентилируемая воздушная прослойка;
- 11, 12 – направляющие: вертикальные и горизонтальные;
- 13 – плиты:керамогранитные и алюмокомпозитные.

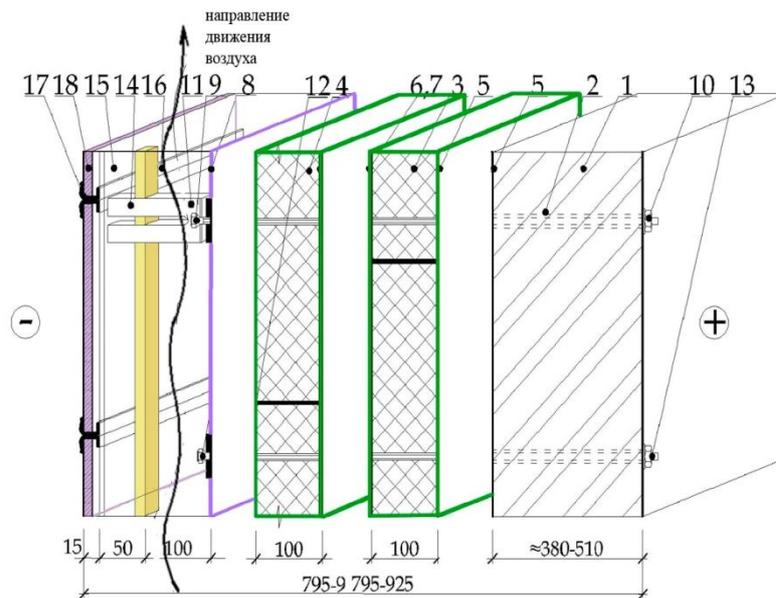


Рисунок 2.4 - Функциональная модель устройства навесного вентилируемого фасада № 4 по критерию оптимизации K_4 «повышенной безопасности» [8]

- 1 – керамический кирпич;
- 2 – отверстия под болты;
- 3, 4 – 2 слоя плиты минераловатной с нахлестом;
- 5-8 – ветрогидрозащитная пленка;
- 9, 12 – болты сквозные;
- 10, 13 – установка гаек;
- 11, 15 – направляющие: вертикальные и горизонтальные, сталь нержавеющая;
- 14 – связи;
- 16 – зазор;
- 17 – нащельники фигурные;
- 18 – плиты: гранитные.

На основании полученных данных проводим сравнительный анализ конструктивно-технологических операций 4-х способов устройства навесных вентилируемых фасадов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Сравнительный анализ конструктивно-технологических операций 4-х способов устройства НВФ

Виды работ	ВариантК 1 – минимум стоимости	ВариантК 2 – минимум затрат труда	ВариантК 3 – повышенное качество	ВариантК 4 – повышенная безопасность
Область применения - вид дома	индивидуальные , социальные	социальные	социальные	элитные
Устройство несущей стены	монолитный бетон	сборный железобетон	керамический кирпич монолитный железобетон	керамический кирпич
Устройство каркаса	сталь	сталь оцинкованная	сталь нержавеющая	сталь нержавеющая
Закрепление утеплителя	двухслойная минеральная вата	двухслойная минеральная вата	трехслойная минеральная вата	трехслойная минеральная вата
Установка облицовочных элементов	сайдинг, кассеты	фиброцементные, фасадные панели	керамогранитные плиты	гранитные плиты
Крепеж каркаса	пластмасса, зонтичные дюбели	оцинкованная сталь, анкерные саморезы	нержавеющая сталь, анкерные саморезы	нержавеющая сталь, болты
Звено / человек	1-2	1-2	2-3	2-3
Трудоемкость монтажа, чел.-см. на 1 кв. м фасада (средние рассчитанные результаты)	0,59	0,48	1,19	1,78
Стоимость, тыс.руб/кв.м	2,15	3,02	3,12	3,85
Виды крепления элементов утеплителя	клей	пластмасса, зонтичные клеммеры	сталь, зонтичные саморезы	сталь, болты
Показатель технологичности	0,665	0,654	0,652	0,650

Следовательно, для утепления существующего здания, с учетом требований к отделке, качеству и долговечности материала, выбирается критерий К3. Данный выбор можно подтвердить исследованиями

консалтинговой компании «IndexBox» по популярности использования облицовочных материалов (рисунок 2.5).

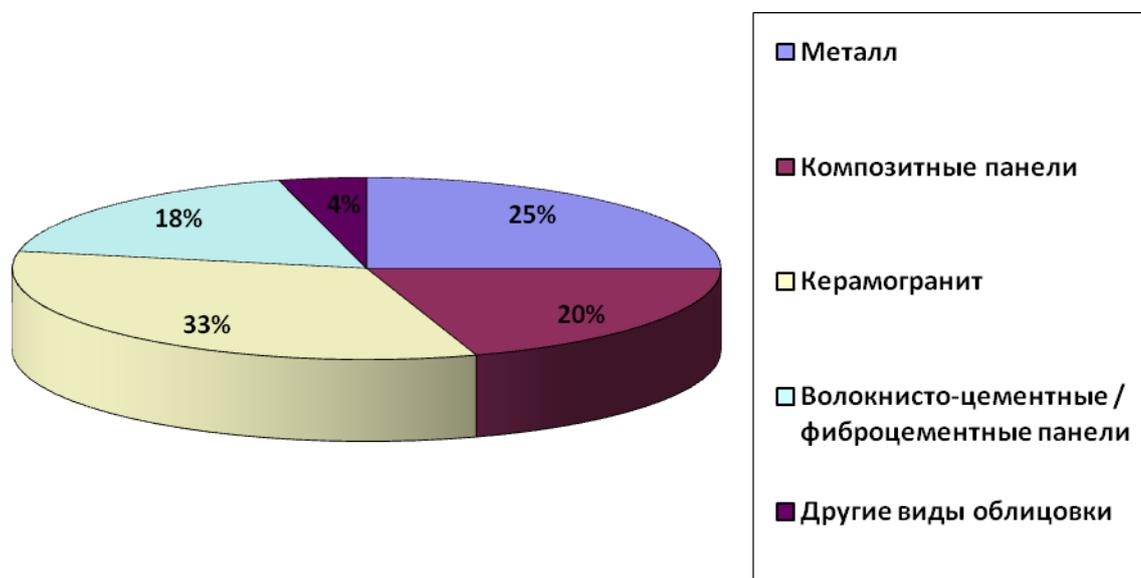


Рисунок 2.5 - Данные спроса на различные виды облицовочных материалов

2.2 Методика оценки долговечности и надежности навесных вентилируемых фасадов методами вероятностного моделирования.

Работы [3,6,9,18,35,33,52,54,55,58,68,70,71,76,81,82,95,96,100,104,114,139] посвящены долговечности, надежности ограждающих стеновых конструкций зданий с позиций оценки безотказной их работы.

“Под долговечностью многослойных ограждающих конструкций будем понимать свойства каждого материала, составляющего конструкцию и конструкции в целом, сохранять работоспособность до предельно допустимого состояния с учетом потенциально возможных ремонтов. Предельное состояние материалов многослойной ограждающей конструкции здания определяется невозможностью их дальнейшей эксплуатации по причине старения, физического повреждения и больших затрат на ремонт” [30].

“Долговечность материалов определяет их экономическую эффективность. Чем дольше срок службы, тем меньше эксплуатационные затраты для обеспечения работоспособного состояния конструкции. Оптимальной следует считать многослойную ограждающую конструкцию с

одинаковой долговечностью всех слоев. Для качественного проектирования многослойных ограждающих конструкций зданий необходима информация о параметрах материала по долговечности” [28].

“Износ характеризуется временем ухудшения эксплуатационных качеств материалов и носит вероятностный характер. Предложено износ каждого материала ограждающей конструкции охарактеризовать вероятностью, которую можно описать уравнением параболы q -й степени (рис.2.6)” [28].

$$P(t) = (1/T_q) \cdot xtq, \quad (2.1)$$

где: P – вероятность износа.

Точка A на кривой 1 обозначает, что к моменту времени t износ при сроке службы T с вероятностью $P = 0,5$ составит 50 % запланированного ресурса [28].

Точки A' , A'' обозначают, что те же 50 % износа, запланированного на периоде T наступят к моменту времени t' , t'' (кривые 2, 3) [28].

К концу срока службы T ожидается полный износ с вероятностью $P = 1$ (кривые 1, 2, 3). В соответствии с кривой 4 на конец периода T износ материалов может произойти с вероятностью $P = 0,9$ и т.д.

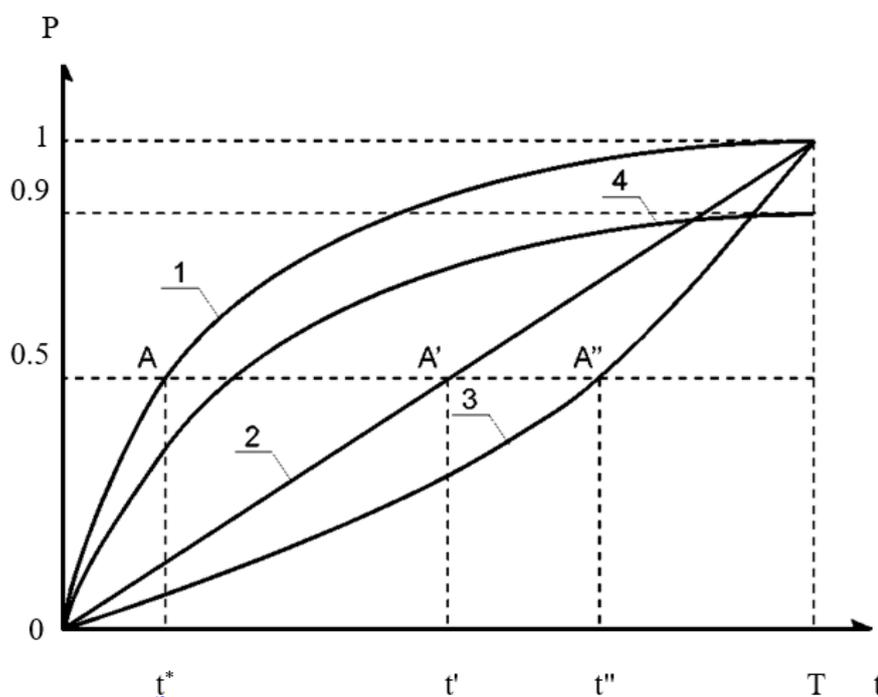


Рисунок 2.6 - Вероятность износа элементов многослойных ограждающих конструкций [28]

Таким образом, долговечность элементов ограждающих конструкций характеризуется временем их нахождения в работоспособном состоянии и вероятностью, обратной вероятности износа. Задавая предельные значения износа материалов и конструкций, можно установить их долговечность [28].

Стандарты многих Европейских стран построены на детерминированном проектировании классическими методами. Стандарт Международной организации по стандартизации «Общие принципы надёжности строений» (ISO-2394) рассматривает вероятностный метод как метод учета различных факторов. За основной показатель, характеризующий безопасность зданий, принят главный индекс надёжности (β) [28]. Он определяется как:

$$b = \Phi^{-1}(p_a) \geq \beta_0, \quad (2.2)$$

где:

Φ - стандартное нормальное распределение;

p_a - вероятность отказа, приводящая к аварийному состоянию;

β_0 -допустимый индекс надёжности. Его значение определяет необходимую безопасность при ограничении сметной стоимости объекта. Он зависит от класса безопасности.

$\gamma = 1 - p_f$ - Вероятность безотказного состояния ограждающих конструкций(работоспособного состояния) определим по формуле:

$$p_f = 1 - \gamma, \quad (2.3)$$

Каждый элемент ограждающих конструкций характеризуется сроком службы, который определяется из отношения:

$$C_{dk} = C_{d,min} \geq F(t) C_d < C^*(t), \quad (2.4)$$

где:

C_{dk} - действующее значение сопротивления ограждающих конструкций;

$C_{d,min}$ - минимально допустимое сопротивление ограждающих конструкций;

C_d - проектное сопротивление ограждающих конструкций;

$C^*(t)$ - сопротивление ограждающих конструкций, определенное в процессе эксплуатации, в момент времени t ;

$F(t)$ - функция снижения сопротивления ограждающих конструкций во времени.

Во время сдачи объекта она равна: $t = t_c: F(t_c) = 1 \rightarrow C(t_c) > C_d$

В момент времени t_0 окончания эксплуатации: $t = F(t) = F_{\min} \rightarrow C^*(t_0) \geq F_{\min} C_d$

В момент времени t_0 окончания эксплуатации: $t = F(t) = F_{\min} \rightarrow C^*(t_0) \geq F_{\min} C_d$

Когда прочность конструкции высокая, то снижение надежности можно считать неизменяющимся во времени, т.е. принять равной единице.

Возможно допущение ошибок на различных этапах работ: проектирование объекта; нарушение технологии при строительстве; ошибки при эксплуатации. Такие ошибки подразделяют на малые, средние и большие. В таблице 2.2 приведены целевые индексы надежности и вероятности отказов зданий при различных мерах и последствиях ошибок.

Таблица 2.2 - Целевые индексы надежности β и вероятности отказов зданий

Относительные затраты на обеспечение безопасности	Последствия ошибок		
	Малые	Средние	Большие
Large (A)	$\beta=3.1(p_0 \approx 10^{-3})$	$\beta=3.3(p_0 \approx 5^* 10^{-4})$	$\beta=3.7(p_0 \approx 10^{-4})$
Normal (B)	$\beta=3.7(p_0 \approx 10^{-4})$	$\beta=4.2(p_0 \approx 10^{-5})$	$\beta=4.4(p_0 \approx 5^* 10^{-6})$
Small (C)	$\beta=4-2(p_0 \approx 10^{-5})$	$\beta=4.4(p_0 \approx 5^* 10^{-5})$	$\beta=4.7(p_0 \approx 10^{-6})$

Отношение между затратами вызванными ошибками и стоимостью конструкции: $\gamma = S_{om} / S_k$, характеризует финансовые потери. Затраты из-за ошибок включают стоимость ремонта сооружения или его элемента. Для значений γ , больших 10, финансовые потери должны рассматриваться как экстремальные.

Последствия ошибок могут приводить к гибели людей. В работах [37, 39] анализируются риски человеческой безопасности и проблемы финансовой оптимизации. В работе [39] утверждается, что существует много подходов к решению этой проблемы помимо Стандарта вероятностного моделирования JCSS. “Данные таблицы 2.2 дают все основания для выработки рекомендаций по

установке соответствующего уровня надёжности. Цели достижения надёжности ставятся на стадии проектирования здания в целом. Однако вероятностное проектирование в большинстве случаев выполняется привлеченными участниками проекта. В этом случае может быть принято одно и то же значение индекса надёжности. При этом предполагают, что системная ошибка произошла по вине одного из участников (изыскателя, проектировщика, подрядчика или эксплуатационника). Если по тем или иным соображениям одинаковый уровень надёжности достичь невозможно, то необходимо провести корректировку надёжности для каждого участника проекта на всем его жизненном цикле” [28].

2.3 Моделирование выполняемых работ по устройству и организации навесных вентилируемых систем из керамогранитных плит

1. Технология производства работ.

Монтаж фасада с воздушным зазором ведется с электрических люлек, подмостей строительных лесов. Люлька строительная фасадная предназначена для подъема 2-х человек и материала общим весом 300 кг. Люлька рассчитана на одного рабочего и материал общей массой 120 кг. Высота подъема люлек – до 100 м. Подмости надежно закрепить к основным конструкциям здания. Леса крепить в соответствии с типовыми узлами (ППР). Подмости устанавливаются на расстоянии не более 50 мм от стены. Подъем-спуск людей на подмости производится по приставным инвентарным лестницам. Подмости должны иметь ограждения по периметру, высотой 1 метр. Состояние подмостей ежедневно перед началом смены должен проверить мастер. Нагрузка на подмости не должна превышать указанной в техническом паспорте.

2.Перечень операций:

2.1 Проведение геодезических работ с отметками на чертежах фасадов здания.

2.2 Устройство разметки, согласно отметкам на чертежах фасадов.

2.3 Устройство обрамлений.

2.4 Устройство кронштейнов.

2.5. Устройство утеплителя.

2.6. Установка гидроветрозащитной пленки (при необходимости).

2.7. Установка направляющих.

2.8. Выставление направляющих по плоскостям.

2.9. Установка облицовки.

3. Монтаж теплоизоляции.

- Утеплитель устанавливается в два слоя (по данным проекта).

4. Установка ветрогидрозащитной пленки.

- Ветрогидрозащитная пленка навешивается поверх утеплителя с перехлестом не менее 150мм. В местах перехлеста устанавливать тарельчатые дюбели с шагом 600мм.

- Края пленки в районах примыкания к проемам заводятся за края плит утеплителя, изолируя торцы.

- Расстояние тарельчатых дюбелей от краёв теплоизоляционной плиты должно быть не менее 70мм.

5. Установка вертикальных направляющих.

- Направляющие крепятся к кронштейну с помощью заклёпок.

- Фиксированное крепление направляющей к кронштейну выполняется через специальные отверстия на кронштейне.

- Подвижное крепление направляющей к кронштейну выполняется через овальные отверстия на кронштейне, при этом заклепка должна находиться по центру овального отверстия. Это необходимо для компенсации температурных деформаций.

- В местах стыковки по вертикали двух направляющих, необходимо обеспечить зазор согласно проекту, для компенсации температурных деформаций.

- Выравнивание вертикальных направляющих - наиболее важный этап монтажных работ, от которого зависит внешний вид фасада.

- Выравнивание направляющих необходимо производить в плоскости фасада и по вертикали.

- Выравнивание в плоскости производится при помощи шнура, либо лазера. Выравнивание по вертикали производится при помощи отвесов, опущенных с парапета здания либо теодолитом.

- При установке направляющих необходимо не превышать допустимые отклонения от проектного положения.

- Если направляющей не получается обеспечить выравнивание, то применяются удлинители кронштейнов.

- Удлинители крепятся к кронштейнам фиксировано, через специальные отверстия на кронштейне, с помощью заклепок.

б. Монтаж облицовки.

Монтаж металлокомпозитных кассет со скрытым креплением:

- Монтаж облицовки начинают с нижнего ряда, и ведут снизу вверх.

- В соответствии с проектом на кассетах должны быть наклепаны зацепы, либо должны быть специальные пазы.

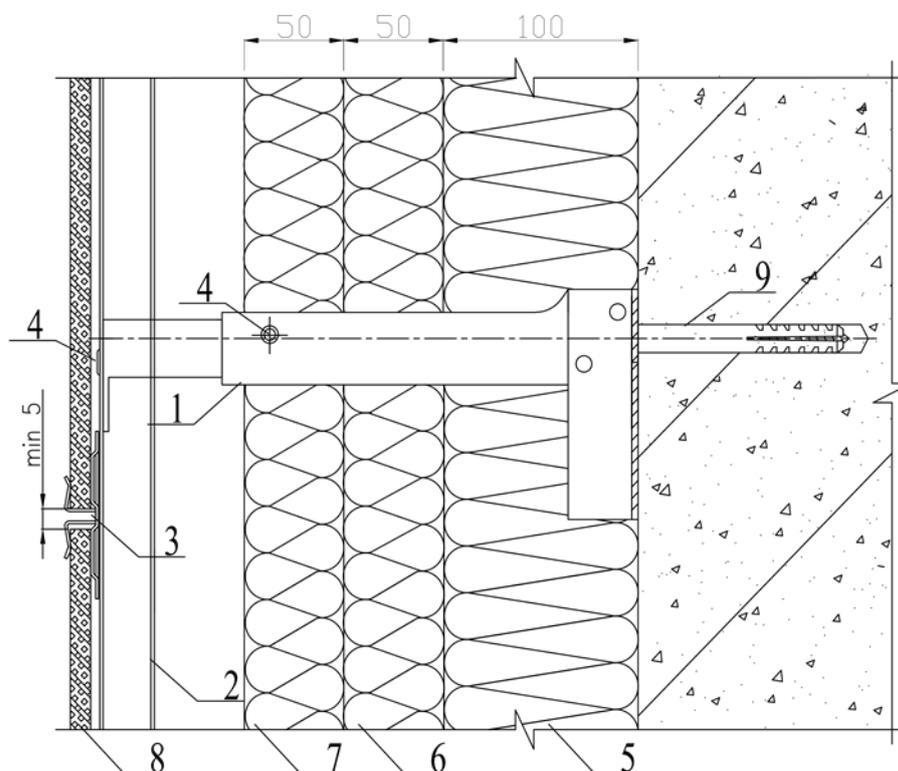
- Перед навеской кассет на направляющих крепят салазки. Салазки удерживаются на направляющей с помощью установочных винтов.

- Верхние борта кассет крепят к направляющим с помощью заклепок.

- При установке кассет необходимо обеспечивать проектное положение, не превышать допустимые отклонения от установленных показателей элементов облицовки.

3 Технические, технологические и организационные решения по устройству и организации навесных вентилируемых фасадов

3.1 Предложения по оптимизации технических решений устройства навесных вентилируемых фасадов



1 – кронштейн; 2 – направляющая; 3 – кляммер; 4 – заклепка вытяжная; 5 – утеплитель 100 мм; 6 – утеплитель 50 мм; 7 – утеплитель 50 мм; 8 – плита керамического гранита; 9 – анкер с прессшайбой.

Рисунок 3.1 - Техническое решение устройства навесного вентилируемого фасада без ветрогидрозащитной пленки

Предложенное техническое решение основывается на использовании утеплителя с повышенными характеристиками влагустойчивости. Как известно в нашей стране используется опыт европейских стран в применении навесных фасадных систем. Широкое применение находит утеплитель на основе базальтового и стекловолокна. Оба материала соответствуют требованиям Госстандарта и имеют технические свидетельства Госстроя России на пригодность применения в системах навесных фасадов.

Так, ГОСТ 10499-95, регламентирующий использование изделий из стеклянного штапельного волокна, содержит следующую информацию.

Изделия из штапельного волокна предназначены для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий жилого, общественного и промышленного назначения, а также аппаратуры, оборудования, трубопроводов, печей, транспортных средств различных типов. Теплоизоляционные плиты должны монтироваться на основание стены вплотную друг к другу. Каждый слой теплоизоляции должен иметь одинаковую толщину. В случае монтажа теплоизоляции в несколько слоев, швы плит должны быть устроены вразбежку.

Что касается плит из минеральной ваты, то ГОСТ 9573-96, регламентирующий использование этих теплоизоляционных материалов, в части «Область применения» гласит: «Плиты из минеральной ваты предназначены для теплоизоляции строительных конструкций при соблюдении условий, при которых исключен контакт с воздухом внутри помещения».

Исходя из этого, вывод очевиден: для использования в условиях нашей страны подходят оба типа теплоизоляционных материалов.

Определено, что среди основных критериев выбора теплоизоляционного материала стоит выделить такие характеристики, как плотность соединения, устойчивость к внешним, климатическим и ветровым нагрузкам, морозостойкость, паропроницаемость.

При механическом креплении материала к стене плотность контакта напрямую зависит от степени сжимаемости плиты. При этом степень сжимаемости у полужесткой плиты из стекловолокна составляет 30%, эта же характеристика у полужесткой плиты из базальтовой ваты не превышает 15%.

Высокая степень сжимаемости обеспечивает и плотное прилегание соседних плит. Это особенно важно на фоне допусков на отклонение от номинальных геометрических размеров теплоизоляционных плит, составляющих +10 мм на 600 мм.

Следующий важный момент, который стоит рассмотреть — нагрузки, воздействующие на теплоизоляцию в навесных вентилируемых фасадах.

Что касается внешних нагрузок и климатических воздействий, то они минимальны. Внешние силы на утеплитель для вентилируемых фасадов не воздействуют. Прочность на растяжение и сжатие при номинальном размере плиты, составляющем 600*1200 миллиметров, также не имеют никакого значения. Так, вес плиты такого размера толщиной 100 миллиметров при плотности 50 кг/м³ составляет всего 3,6 килограмма.

Вся нагрузка плиты передается на механический крепеж. Чаще всего в качестве крепежа используются стеклопластиковые стержни с нейлоновыми дюбелями. Изгибная жесткость и плотность данных стержней значительно превышает степень нагрузки от массы теплоизоляционной плиты.

Что касается климатических воздействий (прямые солнечные лучи, снег и дождь), то от них теплоизоляционный слой надежно защищен облицовочным покрытием и воздушным зазором, который составляет 20 миллиметров.

Российские строительные стандарты не регламентируют характеристики морозоустойчивости для волокнистых теплоизоляционных материалов. Это связано с тем, что средства теплоизоляции в любом случае не должны эксплуатироваться внутри навесных конструкций, влажность которых составляет более 5% от общей массы.

При таком уровне влажности не происходит значимого изменения теплоизоляционных и механических качеств теплоизоляции под воздействием минусовой температуры. Таким образом, может использоваться любой современный утеплитель для навесных вентилируемых фасадов, вне зависимости от уровня морозоустойчивости.

Еще одна существенная характеристика теплоизоляционного материала — степень паропроницаемости. Надо сказать, что конструкция навесного вентилируемого фасада тем и хороша, что слои в ней располагаются со

снижением паропроницаемости по направлению к внутренней поверхности стены.

Подобное расположение слоев при грамотном расчете термического сопротивления абсолютно исключает образование конденсата во всей толще стеновой конструкции. В связи с этим увлажнения материалов не происходит. В этом смысле, чем выше степень паропроницаемости теплоизоляции, тем лучше.

Если система навесного вентилируемого фасада устраивается в условиях жесткой экономии, допускается применение паропроницаемых стекловолоконных плит. Однако более предпочтительно применение жестких базальтовых плит, которые обладают высокими деформационными и прочностными характеристиками.

Всё это приводит к постановке вопроса о правильном выборе утеплителя.

В настоящее время многими производителями строительных и промышленных минераловатных утеплителей довольно успешно решается вопрос о том, как повысить качество материалов для НВФ и как лучше всего использовать их в подобного рода конструкциях, ведь резервы усовершенствования еще далеко не исчерпаны. Так, значительного снижения нагрузки применяемого в схеме утеплителя на фасад можно достичь, если со знанием дела применять однослойные и более сложные комбинированные двухслойные системы.

Однослойная схема фасадного утепления подразумевает укладку плит в один слой, при которой стыки смещаются по отношению друг к другу. В качестве наилучшего утеплителя можно применять такой плитный материал, как «Вентилируемый фасад марки 032». Наряду с этой маркой применяется и плита «Вентилируемый фасад марки 034». Указанный в названии этих материалов коэффициент теплопроводности указывает на их высокие для любых условий теплоизоляционные свойства.

Двухслойная схема включает менее жесткие плиты, формирующие внутренний слой, а также и более жесткие плиты для слоя внешнего — они обеспечивают защиту внутреннего слоя от ветра и выдувания им волокон изоляционного материала. В качестве внутреннего слоя прекрасно подойдет «Вентилируемый фасад марки 034», упомянутый выше, а для устройства наружного — «Вентилируемый фасад марки 032». Внешний слой могут образовывать и плиты из специально изготовленной каменной ваты, такой, как, например, FRE под ТМ Nobasil, которые сегодня предлагает очень известная компания теплоизоляторов «КнауфИнсулейшн».

Самые главные преимущества двухслойной схемы утепления заключаются в отличной возможности удешевить конструкцию, одновременно сохраняя её высокие прочностные и многие другие полезные характеристики, позволяющие применять их в самом широком диапазоне. При такой эффективной схеме наблюдается повышение теплоизоляционных свойств всей фасадной конструкции. Например, установка плит главного, внешнего слоя, перекрывающих стыки внутреннего, препятствует возникновению мостиков холода.

Помимо прочего, полужесткая плита, выполненная из стекловолокна, имеет, по сравнению с каменной ватой, более высокую степень сжатия материала, в результате которой соседние плиты плотно сопрягаются, и материал лучше прилегает к кирпичной кладке.

На сегодняшний день обращают внимание и на не менее важные при эксплуатации водоотталкивающие свойства современных утеплителей. Ведь они должны быть защищены от неблагоприятного климатического воздействия — это дождь, снег, туман — облицовкой навесного фасада, внутренним воздушным зазором и ветрогидрозащитной мембраной. Дополнительную влагозащиту утеплительного материала нельзя назвать лишней. И в «Вентилируемом фасаде» такая защита обеспечивается вполне современной

технологией «Aquastatik» — дополнительной водоотталкивающей пропитки материала.

Рассмотрим утеплитель «Rockwool кавитибаттс» - это легкие плиты из каменной ваты, пропитанные специальными составами с целью снизить до минимума их водопоглощение, которое в результате составляет до 1,5%. Также, следует особо отметить такую характеристику минераловатных плит, как негорючесть. «Rockwool КавитиБаттс» безвреден для здоровья и экологически безопасен, как при эксплуатации, так и при производстве. Данный материал используется для нижнего слоя утепления фасада и имеет толщину 100мм. Rockwool вентибаттс Оптима – жесткие гидрофобизированные теплоизоляционные плиты на синтетическом связующем, изготовленные из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы. Утеплитель используется в качестве двухслойной системы утепления фасада, толщина которого составит 50мм. «Rockwool вентибаттс» – жесткие гидрофобизированные теплоизоляционные плиты на синтетическом связующем, изготовленные из каменной ваты на основе горных пород базальтовой группы. Плиты вентибаттс используются вторым слоем при утеплении фасада, толщина которого составит 50мм.

Рассмотрим технические характеристики утеплителей Rockwool (табл.3.1).

Таблица 3.1 – Технические характеристики Rockwool

№ п/п	Параметры	КавитиБаттс	ВентиБаттсОптима	ВентиБаттс
1	2	3	4	5
1	Плотность	45 кг/м ³	75 кг/м ³	90 кг/м ³
2	Теплопроводность	$\lambda_{10} = 0,035$ Вт/(м·К)	$\lambda_{10} = 0,033$ Вт/(м·К)	$\lambda_{10} = 0,035$ Вт/(м·К)
3	Теплопроводность	$\lambda_{25} = 0,037$ Вт/(м·К)	$\lambda_{25} = 0,035$ Вт/(м·К)	$\lambda_{25} = 0,037$ Вт/(м·К)
4	Теплопроводность	$\lambda_A = 0,038$ Вт/(м·К)	$\lambda_A = 0,037$ Вт/(м·К)	$\lambda_A = 0,038$ Вт/(м·К)
5	Теплопроводность	$\lambda_B = 0,040$ Вт/(м·К)	$\lambda_B = 0,038$ Вт/(м·К)	$\lambda_B = 0,040$ Вт/(м·К)

1	2	3	4	5
6	Группа горючести / класс пожарной опасности	НГ / КМ0	НГ / КМ0	НГ / КМ0
7	Прочность на сжатие при 10 % деформации, не менее	Сжимаемость не более 15 %	10 кПа	20 кПа
8	Предел прочности на отрыв слоев, не менее	-	3 кПа	4 кПа
9	Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, не более	1,0 кг/м ²	1,0 кг/м ²	1,0 кг/м ²
10	Паропроницаемость, не менее	$\mu = 0,30$ мг/(м·ч·Па)	$\mu = 0,30$ мг/(м·ч·Па)	$\mu = 0,30$ мг/(м·ч·Па)

Данное техническое решение содержит в себе теплоизоляционные свойства, защиту от проникновения холодного воздуха, прочность верхнего слоя, что позволит отказаться от использования ветрогидрозащитной пленки.

Для подтверждения соблюдения всех теплотехнических свойств представим расчет утепления наружной стены с использованием предложенной системы.

1. Данные для выполнения теплотехнического расчета:

- тип сооружения — общественное здание из силикатного кирпича (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе;

- район строительства - г. Тольятти, Самарская обл.;

- зона влажности - 3 (сухая);

- условие эксплуатации при нормальном влажностном режиме 60% - «А»;

- расчетная температура внутреннего воздуха в общественном здании по ГОСТ 30494-2011: $t_{в} = +20$ °С.

Расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, принимается равной средней температуре воздуха, обеспеченностью $K = 0,92$, по СП 131.13330.2012 актуализированная редакция СНиП 23-01-99*: $t_{н} = -30$ °С. Расчетная средняя температура за отопительный период СНиП 23-01: $t_{ср} = -5,2$ °С. Продолжительность отопительного периода: $z_{от} = 203$ сут.

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) определяем по п.5 СП 50.13330:

$$Dd=(t_{в} - t_{нт}) \times z_{нт} = (20+5,2) \times 203=5116 \text{ }^{\circ}\text{Cсут.}, \quad (3.1)$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных стен общественного здания в г. Тольятти (по табл.3 СП 50.13330.2012):

$$R_0^{\text{TP}} = a \times \text{ГСОП} + b, \quad (3.2)$$

$$R_0^{\text{TP}} = 0.0003 \times 5116 + 1.2 = 2.7348 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_0^{\text{TP}} = 2.735 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче над неотапливаемыми подпольями общественного здания в г. Тольятти (по табл.3 СП 50.13330.2012):

$$R_0^{\text{TP}} = a \times \text{ГСОП} + b$$

$$R_0^{\text{TP}} = 0.00035 \times 5116 + 1.3 = 3,09 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_0^{\text{TP}} = 3,09 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче покрытия общественного здания в г. Тольятти (табл.3 СП 50.13330.2012).

$$R_0^{\text{TP}} = a \times \text{ГСОП} + b$$

$$R_0^{\text{TP}} = 0.0004 \times 5116 + 1.6 = 3,646 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_0^{\text{TP}} = 3,646 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$$

2. Теплотехнический расчет стены.

2.1. Определение коэффициента теплотехнической однородности конструкции.

Исходные данные.

Стена существующего здания состоит из силикатного кирпича толщиной 510мм на цементно-песчаном растворе, содержит внутренний цементно-песчаный слой толщиной 30мм (штукатурка), а в стене выполнены оконные проемы с заполнением двухкамерными стеклопакетами в отдельных переплетах ПВХ из обычного стекла -с вертикальными оконными откосами.

В качестве утеплителя принят «Rockwool вентибаттс Оптима».

Согласно пункта 9.1.7 СП 23-101 для плоских ограждающих конструкций, приведенное термическое сопротивление ограждающих конструкций определяется плоскостями, ограждающая конструкция условно разрезается на участки из слоев с различными материалами. Тогда термическое сопротивление ограждающей конструкции R_{aT} определяют следующим образом:

$$R_{aT} = A / \sum m(A_i / R_{0i}), \quad (3.4)$$

где:

R_{aT} - термическое сопротивление ограждающей конструкции.

Термическое сопротивление ограждающих конструкций с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев.

Для определения коэффициента влияния отдельных теплопроводных включений предварительно рассчитаем по формуле $R = \delta / \lambda$ термическое сопротивление отдельных участков стены (табл. 3.2).

Таблица 3.2 - Термическое сопротивление отдельных участков стены

Наименование	Толщ. $\delta, \text{м}$	Удель- ный вес γ кг/м^3	Коэф. паропрон. μ мг/ $(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$	Коэф. тепло- пров. λ $\text{Вт}/(\text{м}\times$ $\text{К})$	Сопротивл. теплопереда ч слоя R_0^{con} $=$ $\delta / \lambda, \text{м}^2$ $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
1	2	3	4	5	6
Цементно-песчаный раствор	0,03	1800	0,09	0,76	$R_1=0,039$
Силикатный кирпич на цементно-песчаном растворе	0,64	1800	0,11	0,76	$R_2=0,842$
Утеплитель Rockwool	0,12	80	0,32	0,038	$R_3=3,158$
Воздушная прослойка	0,03	-	-	-	$R_4=0,16$
Навесной фасад	-	-	-	-	-
				Итого:	$R_k=4,199$

Сопrotивление теплопередаче стены по глади рассчитываем с учетом того, что значение коэффициента теплоотдачи на поверхности, обращенной в сторону вентилируемой воздушной прослойки равно $\alpha_{ext} = 10,8 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

$$R_K^{con} = R_{si} + R_k + R_{se}, \quad (3.5)$$

где:

R_k – сумма термических сопротивлений отдельных слоев ограждающих конструкций;

R_{si} – $1/\alpha_{int}$ коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций;

R_{se} – $1/\alpha_{ext}$ коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций, на поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать коэффициент $\alpha_{ext} = 10,8$

$$R_K^{con} = 0.115 + 4.199 + 0.0925 = 4,41$$

Определим площадь зон влияния A_i .

1. Площадь оконных откосов стены.

Площадь зоны влияния горизонтальных и вертикальных оконных откосов длиной $L_1 = 2,5 \text{ м}$ и $L_2 = 2,18 \text{ м}$ соответственно определяем по формуле (3.6):

$$A_i = 2 \times b_e \times (L_1 + L_2) + \pi \times b_e, \text{ м}^2, \quad (3.6)$$

$$A_i = 2 \times 0,12 \times (2,5 + 2,18) + 3.14 \times 0,122 = 1,168 \text{ м}^2$$

Термическое сопротивление цементно-песчаного раствора составляет $R_i = 0,039 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

2. Площадь участка стены

В расчете используем часть ограждающей конструкции. Площадь участка $A = 3,2 \times 3,78 = 12,1 \text{ м}^2$ в стене выполнен оконный проем с заполнением двухкамерными стеклопакетами в отдельных переплетах ПВХ из обычного стекла, тогда площадь остекления :

$$A_2 = 12,1 - (2,5 \times 2,18) = 6,65 \text{ м}^2$$

Термическое сопротивление силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе составляет $R_2=0,671 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$

3. Площадь окна составляет

$$A_{\text{окна}}=2,5 \times 2,18=5,45 \text{ м}^2$$

Термическое сопротивление оконного проема с заполнением двухкамерным стеклопакетом в раздельном переплете ПВХ из обычного стекла составляет $R_{\text{окна}}=0,65 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (из приложения Л в СП23-101).

4. Площадь утеплителя Rockwoolвентибаттсоптим

В расчете используем часть ограждающей конструкции. Площадь участка утеплителя равна площади стены с учетом вычета оконного проема $A_3=6,65 \text{ м}^2$.

Термическое сопротивление утеплителя составляет: $R_3=3,158 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$

Действуя согласно формулы (3.7) из СП 23-101

$$R_o^r = A / \sum^m (A_i / R_{oi}^r), \quad (3.7)$$

$$R_o^r = 12,1 / (1,168 / 0,039) + (6,65 / 0,842) + (5,45 / 0,65) + (6,65 / 3,158) =$$

$$= 0,25 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт} - \text{ термическое сопротивление ограждающей}$$

конструкции R_{aT} условно разрезаны на участки.

Согласно формулы (3.8), приведенное термическое сопротивление R_k^r ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R_k^r = (R_{aT} + 2 \cdot R_T) / 3, \quad (3.8)$$

R_T – сумма термических сопротивлений отдельных слоев конструкции =

$$= R_k - 4,199 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_k^r = (0,25 + 2 \cdot 4,199) / 3 = 2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Проверяя ограждающие конструкции на обеспечение комфортных условий согласно п.5.2 СП 50.13330 и в соответствии с требованиями теплотехнических норм из условия энергосбережения, приведенное сопротивление теплопередаче для наружных стен с учетом откосов и утепления фасада $R_k^r=2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ соответствует толщине утеплителя 200 мм.

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

$$R_{0\text{тр}} = 2,735 \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

$$R_k^r = 2,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_0 \text{ тр} = 2,735 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

условие энергосбережения выполнено и соответствует п.5 СП 50.13330.

2.2. Расчет защиты от переувлажнения ограждающих конструкций.

Расчет сопротивления паропрооницанию рассматриваемой конструкции. Так как рассматриваемая конструкция многослойна, то R_{vp} равно сумме сопротивлений паропрооницанию составляющих её слоев.

$$R_{vp} = \sum \delta/\mu, \quad (3.9)$$

Расчетная температура для общественных помещений $t_{int} = 20 \text{ °C}$;
относительная влажность внутреннего воздуха для общественных помещений $\varphi_{int} = 55\%$

$$R_{vp1} = 0,333 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{vp2} = 5,818 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{vp3} = 0,372 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$R_{vp0} = R_{vp1} + R_{vp2} + R_{vp3} = 0,333 + 5,818 + 0,372 = 6,523 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг};$$

$$X_0 = (1/8,7)/2,88 = 0,115/2,88 = 0,04;$$

$$X_1 = (0,115 + 0,333)/2,88 = 0,448/2,88 = 0,156;$$

$$X_2 = (0,115 + 0,333 + 5,818)/2,88 = 6,266/2,88 = 2,17;$$

$$X_3 = (0,115 + 0,333 + 5,818 + 0,372)/2,88 = 6,638/2,88 = 2,30;$$

$$Y_1 = 0,333/6,523 = 0,05;$$

$$Y_2 = (0,333 + 5,818)/6,523 = 0,943;$$

$$Y_3 = (0,333 + 5,818 + 0,372)/6,523 = 1;$$

В соответствии с графиком (рисунок 3.2) представлена зависимость безразмерного сопротивления паропрооницанию Y от безразмерного термического сопротивления X для рассматриваемой конструкции наружной стены. Кривая Y_n характеризует значения безразмерного сопротивления паропрооницанию для состояния полного насыщения влажного воздуха водяным паром.

$$\delta^l = 0,959; R_0 = 1/\alpha_{int} + R_k + 1/\alpha_{ext} = 0,115 + 4,199 + 1/10,8 = 4,41$$

$$R_0^1 = R_0 \cdot \delta^1 = 4,41 \cdot 0,959 = 4,23 \text{ м} \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$\delta_3^1 = (4,23 - 0,115 - 0,039 - 0,842) \cdot 0,038 = 0,12 \text{ м}$$

0,12 м – плоскость возможной конденсации

$$\text{Проверка: } R_0^1 = 0,115 + 0,039 + 0,842 + (0,12/0,038) = 4,153 \text{ м} \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

2.3. Расчет распределения парциального давления водяного пара по толще стены и определение возможности образования конденсата в толще стены.

$$z_0 = 149 \text{ сут.};$$

$$\varphi_{\text{int}} = 65\%;$$

$$t_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow E_{\text{int}} = 2338 \text{ Па}$$

$$e_{\text{int}} = (\Phi_{\text{in}}/100) \cdot E_{\text{int}} = (65/100) \cdot 2338 = 1519,7 \text{ Па}, \quad (3.10)$$

Парциальное давление водяного пара снаружи здания:

$$e_{\text{ext}} = 7,2 \text{ гПа} = 720 \text{ Па}$$

Средняя температура за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха:

$$t_0 = -8,98 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\rho_w = 45 \text{ кг}/\text{м}^3; \delta_w = 0,079 \text{ м}; \Delta w_{\text{av}} = 3\%$$

Периоды года:

- зимний (январь, февраль, март, декабрь)

$$z_1 = 4 (t = -13,5; -12,6; -5,8; -9,6 \text{ }^\circ\text{C});$$

- весенне-осенний (октябрь, ноябрь)

$$z_2 = 2 (t = 4,2; -3,4 \text{ }^\circ\text{C});$$

- летний (апрель, май июнь, июль, август, сентябрь)

$$z_3 = 6 (t = 5,8; 14,3; 18,6; 20,4; 19,0; 12,8 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$t_{\text{ext1}} = -(13,5 + 12,6 + 5,8 + 9,6)/4 = -10,375 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{ext2}} = (4,2 - 3,4)/2 = 0,4 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{ext3}} = (5,8 + 14,3 + 18,6 + 20,4 + 19,0 + 12,8)/6 = 15,15 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Sigma R = 0,039 + 0,842 + 3,158 = 4,039 \text{ м} \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$R_{\text{si}} = 0,115 \text{ м} \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$T_0 = t_{\text{int}} - (t_{\text{int}} - t_0) \cdot (R_{\text{si}} + \Sigma R) / R_{\text{к}}^{\text{con}} = 20 - (20 + 8,98) \cdot (0,115 + 4,039) / 4,199 = -8,67^{\circ}\text{C};$$

$$T_1 = 20 - (20 + 10,375) \cdot (0,115 + 4,039) / 4,199 = -10,0^{\circ}\text{C};$$

$$T_2 = 20 - (20 - 0,4) \cdot (0,115 + 4,039) / 4,199 = -0,81^{\circ}\text{C};$$

$$T_3 = 20 - (20 - 15,15) \cdot (0,115 + 4,039) / 4,199 = 15,20^{\circ}\text{C};$$

$$E_0 = 312 \text{ Па}; E_1 = 268 \text{ Па}; E_2 = 662 \text{ Па}; E_3 = 1742 \text{ Па}$$

$$E = (E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3) / 12 = (268 \cdot 4 + 662 \cdot 2 + 1742 \cdot 6) / 12 = 1071 \text{ Па}$$

$$e_0^{\text{ext}} = 3,1 \text{ гПа} = 310 \text{ Па}$$

$$R_{\text{vp}}^e = (\delta_3 / \mu_3) = 0,372 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$\eta = 0,0024 \cdot (E_0 - e_0^{\text{ext}}) \cdot z_0 / R_{\text{vp}}^e = 0,0024 \cdot (1742 - 310) \cdot 149 / 0,372 = 1376,5$$

Плоскость возможной конденсации попадает в поверхность утеплителя, то согласно СНиП 23-02 п.9.1 — R_{vp} должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропроницанию:

$$R_{\text{vp1}}^{\text{req}} = (e_{\text{int}} - E) \cdot R_{\text{vp}}^e / (E - e_{\text{ext}}), \quad (3.11)$$

$$R_{\text{vp1}}^{\text{req}} = (1519,7 - 1071) \cdot 0,372 / (1071 - 720) = 0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$R_{\text{vp2}}^{\text{req}} = (0,0024 \cdot 149 \cdot (1519,7 - 312)) / (45 \cdot 0,08 \cdot 3 + 1094,17) = 0,31 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$R_{\text{vp}} = 0,333 + 5,818 + 0,372 = 6,523 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$R_{\text{vp}} > R_{\text{vp1}}^{\text{req}} > R_{\text{vp2}}^{\text{req}}$$

Следовательно, условия выполняются, ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям СНиП 23-02 в отношении сопротивления паропроницанию. Пароизоляция на внутренней поверхности стен не требуется.

Для наглядности расчета построим график распределения водяного пара и график изменения водяного пара по толще стены (рисунок 3.2). Очевидно, что эти кривые не пересекаются, что так же доказывает невозможность образования конденсата в ограждающей конструкции.

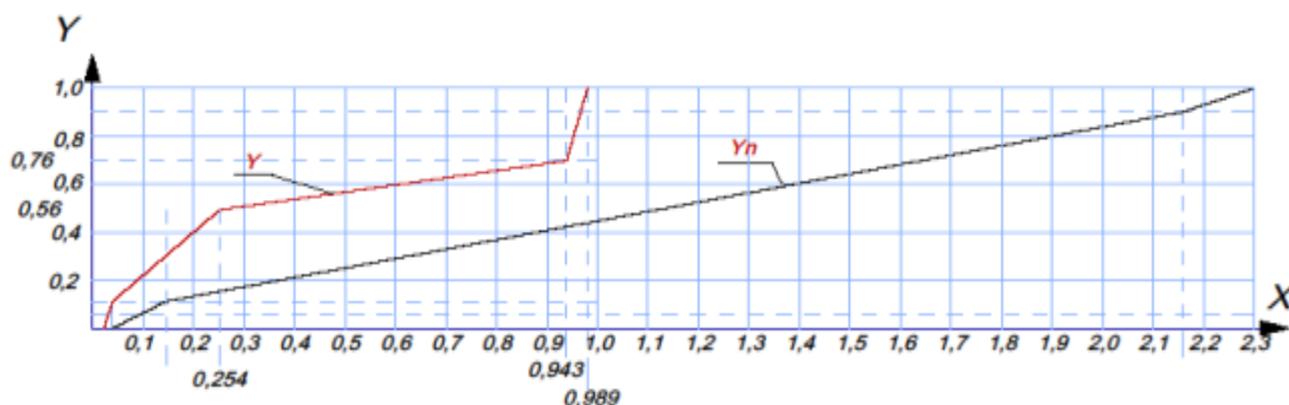


Рисунок 3.2 - График распределения водяного пара и график изменения водяного пара по толщине стены

3.2 Предложения по технологии и организации устройства навесных вентилируемых фасадов

Одним из важных моментов является влияние используемых материалов на безопасность человека. Для определения воздействия минераловатного утеплителя при его разрушении были проведены исследования на эмиссию волокон. Исследования эмиссии утеплителя из каменной ваты в своей научной работе рассматривает П.М. Жук. По данным его исследований можно определить зависимость концентрации волокон в воздухе от его диаметра. Таким образом минераловатный утеплитель, диаметр волокон которого составляет от 2 до 9 мкм будет иметь концентрацию от 50000 до 300000 шт./м³. Содержание формальдегида и кетонов составляет не более 0,1 мг/м³. Следовательно можно сделать вывод: 1. Опасность эмиссии теплоизоляционных материалов связана с непосредственным контакте на рабочем месте в период монтажа и практически отсутствует при эксплуатации. 2. Эмиссия веществ входящих в состав материала находится в пределах установленных норм.

Как известно НИИСФ РААСН и НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова были проведены исследования эмиссии волокна под воздействием

ветра. В данной работе взятые образцы были увлажнены до 10% влажности, далее проходили сто циклов замораживания и оттаивания. Следующим этапом образцы помещались в короб и закреплялись. Под воздействием моделируемых атмосферных воздействий (скорость воздушного потока составляла 10 м/с, температура воздуха (20 ± 2) °С, относительная влажность- (48% - 83%) материал находился 14 месяцев. В процессе исследования образцы периодически взвешивались. Абсолютное изменение массы образцов вычислялось по формуле (3.12):

$$\Delta m = m - m_0, \quad (3.12)$$

где:

Δm - абсолютное изменение массы образца, г;

m - текущее значение массы образца, г;

m_0 - начальная масса образца, г.

Данные эксперимента показали:

1. Изменение массы образцов по сравнению с начальной, мало как по абсолютному значению, так и по относительной величине.
2. Эмиссия волокон практически отсутствовала.
3. Продольное отделение слоев стекловолокнистой плиты, а не отделение отдельных волокон. Данное явление произошло так как образцы выступали вверх на 5-7 мм относительно нижней границы входного сечения. Из-за крепления образцов нитями, окончательного отрыва целых слоев от образцов не происходило.

Выявлено, что использование ветрогидрозащитной пленки в технологии навесного вентилируемого фасада при применении на малоэтажных зданиях нецелесообразно при использовании минераловатного утеплителя с высокими показателями качества.

В результате предложенных мероприятий схема технологического процесса примет следующий вид:

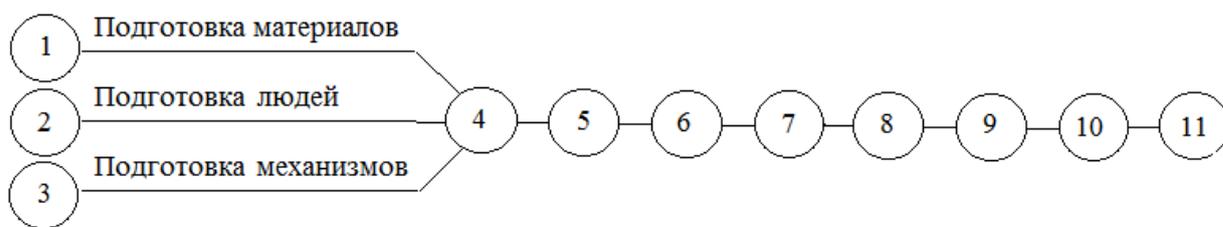


Рисунок 3.3 - Схема технологического процесса устройства навесного вентилируемого фасада из керамогранитных плит

Порядок выполнения операций:

1. Подготовка материалов.
2. Подготовка людей (рабочих).
3. Подготовка механизмов.
4. Проведение геодезических работ с отметками на чертежах фасадов здания.
5. Выполнение разметки, согласно отметкам на чертежах фасадов.
6. Установка обрамлений.
7. Установка кронштейнов.
8. Установка утеплителя.
9. Установка направляющих с использованием шаблона для правильной установки вытяжных заклепок в монтажную пятку подвижной вставки в кронштейн, выставление направляющих по плоскостям.
10. Установка облицовочных материалов (плит из керамогранита).
11. Контроль качества и сдача работ.

Отказ от ветрогидрозащитной пленки позволяет добиться сокращения расхода определённых ресурсов и как следствие экономии денежных средств, а именно.

При подготовке материалов элементами сокращения затрат являются:

1. Отсутствие закупки ветрогидрозащитной пленки.
2. Отсутствие затрат на транспортировку, складирование и перемещение по объекту.

3. Отсутствие необходимости в закупке расходных материалов для крепления мембраны.

4. Отсутствие затрат на утилизацию отходов материала и упаковки мембраны.

Дополнительными затратами, при определённых условиях, может являться удорожание минераловатного утеплителя. Однако для низкоэтажного здания необходимо применять материал с упрочненным поверхностным слоем.

При подготовке персонала - специфики не имеет. Уровень подготовки персонала (разряд) остается неизменным.

При подготовке механизмов и инструментов особенностей не имеет.

Важным элементом сокращения затрат является полный отказ от установки ветрогидрозащитной мембраны, что влечет сокращение: затрат труда, времени использования средств подмащивания или вертикального транспорта, использование ручного инструмента (экономия основных и расходных материалов учтена ранее).

3.3 Технико-экономическое обоснование предложенных мероприятий

Для определения экономии при производстве работ по монтажу навесного вентилируемого фасада из керамогранитных плит с применением утеплителя «ROCKWOOL», что позволит исключить ветрогидрозащитную пленку воспользуемся «Методикой определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации»[40].

Сметная стоимость прямых затрат (ПЗ) определяется по формуле (3.13):

$$ПЗ_i = 3T_i \times V_i \times CЦ_i^{3T} + \sum_{m=1}^M T_m \times V_i \times CЦ_{эм}^m + \sum_{n=1}^N T_n \times V_i \times CЦ_{м}^n, \quad (3.13)$$

где:

$3T_i$ - затраты труда рабочих или пусконаладочного персонала на измеритель сметной нормы по i -й сметной норме, чел.-ч. (п. 3.4.52 Методики);

V_i - объем работ по i -й сметной норме в соответствии с ее измерителем;

$СЦ_i^{3T}$ - сметная цена на затраты труда соответствующего среднего разряда работы или категории пусконаладочного персонала, руб./ чел.-ч.;

T_m - время эксплуатации m -й машины (механизма), маш.-ч;

$СЦ_{ЭМ}^m$ - сметная цена эксплуатации m -й машины (механизма), руб./ маш.-ч.

ч. Принимается в соответствии с п. 3.4.12 Методики;

$$m = 1 \div M$$

где:

M - количество наименований машин (механизмов) по i -й сметной норме;

T_n - количество n -го материала, изделия или конструкции, в натуральных единицах измерения;

$СЦ_M^n$ - стоимость n -го материала, изделия или конструкции, руб.

Принимается в соответствии с п. 3.4.18 Методики;

$$n = 1 \div N$$

где:

N - количество наименований материалов, изделий или конструкций по i -й сметной норме.

Для упрощения расчета введем замену переменных, в итоге получаем формулу (3.14):

$$ПЗ = C_{ОЗП} + C_{ММ} + C_{МАТ}, \quad (3.14)$$

где:

ПЗ – прямые затраты;

$C_{ОЗП}$ – стоимость основной заработной платы;

$C_{ММ}$ – стоимость машин и механизмов;

$C_{МАТ}$ – стоимость материалов.

Определим разницу прямых затрат (ПЗ) двумя способами производства работ по формуле (3.15):

$$\begin{aligned} \Delta ПЗ = ПЗ_{с\ плен.} - ПЗ_{без\ плен.} = (C_{ОЗП\ с\ плен.} + C_{ММ\ с\ плен.} + C_{МАТ}) - (C_{ОЗП\ без\ плен.} + \\ C_{ММ\ без\ плен.} + C_{МАТ\ без\ плен.}) = \Delta C_{ОЗП} + \Delta C_{ММ} + \Delta C_{МАТ}, \end{aligned} \quad (3.15)$$

где:

$\Delta ПЗ$ – разница прямых затрат;

$ПЗ_{с плен.}$ – прямые затраты с ветрогидрозащитной пленкой;

$ПЗ_{без плен.}$ – прямые затраты без ветрогидрозащитной пленки.

$$ПЗ_{с плен.} = C_{ОЗП с плен.} + C_{ММ с плен.} + C_{МАТ с плен.}, \quad (3.16)$$

где:

$C_{ОЗП с плен.}$ - стоимость основной заработной платы ветрогидрозащитной пленкой;

$C_{ММ с плен.}$ - стоимость машин и механизмов ветрогидрозащитной пленкой;

$C_{МАТ с плен.}$ - стоимость материалов ветрогидрозащитной пленкой.

$$ПЗ_{без плен.} = C_{ОЗП без плен.} + C_{ММ без плен.} + C_{МАТ без плен.}, \quad (3.17)$$

где:

$C_{ОЗП без плен.}$ - стоимость основной заработной платы без ветрогидрозащитной пленки;

$C_{ММ с плен.}$ - стоимость машин и механизмов безветрогидрозащитной пленки;

$C_{МАТ с плен.}$ - стоимость материалов безветрогидрозащитной пленки.

Вместе с тем прямые затраты ($ПЗ$) не определяют стоимость строительно-монтажных работ ($СМР$).

$$C_{СМР} = ПЗ + НР + СП, \quad (3.18)$$

где:

$C_{СМР}$ – стоимость строительно-монтажных работ;

$ПЗ$ – прямые затраты;

$НР$ – накладные расходы;

$СП$ – сметная прибыль.

Соответственно $\Delta C_{СМР}$ вычисляем по формуле (3.19):

$$\begin{aligned} \Delta C_{СМР} &= \Delta C_{СМР с плен.} - \Delta C_{СМР без плен.} = \\ &= (ПЗ_{с плен.} + НР_{с плен.} + СП_{с плен.}) - (ПЗ_{без плен.} + НР_{без плен.} + СП_{без плен.}) = \end{aligned}$$

$$= \Delta ПЗ + \Delta НР + \Delta СП, \quad (3.19)$$

где:

$\Delta C_{СМР}$ - разница стоимости СМР с ветрогидрозащитной пленкой и без ветрогидрозащитной пленки;

Произведем расчет каждого из этих элементов в табличной форме, таблица 3.3 – расчет стоимости материалов на 1 м^2 вентилируемого фасада с учетом НДС, таблица 3.4 – расчет стоимости СМР на 1 м^2 вентилируемого фасада без материалов.

$$\Delta C_{СМР} = (289,35 + 37,71) + 30,21 + 28,44 = 385,41$$

Получаем экономию в размере 385,41 рублей на 1 м^2 , что составляет 14,3% от общего числа затрат (рисунок 3.2.). Данная экономия может быть увеличена в момент составления сводного сметного расчета, где применяются дополнительные коэффициенты на зимнее удорожание, авторский надзор, прохождение экспертизы сметной документации и т.д.

Для примера возьмем технико-экономические показатели учебно-административного корпуса ФГБОУ ВО «Тольяттинского государственного университета» и просчитаем экономическую эффективность с учетом применения предложенного технического решения устройство навесного вентилируемого фасада из керамогранитных плит.

Таблица 3.3 – Расчет стоимости материалов на 1 м^2 вентилируемого фасада с учетом НДС

№ п/п	Наименование	Ед. изм	Стоимость НВФ с ветрогидрозащитной пленкой			Стоимость НВФ без ветрогидрозащитной пленки		
			Кол-во /1м2	Цена за ед.изм. руб.	Всего, руб.	Кол-во /1м2	Цена за ед.изм. руб.	Всего, руб.
1	Керамогранит 600*600	м2	1,00	734,39	734,39	1,00	734,39	734,39

Продолжение таблицы 3.3

2	Утеплитель Изовер (низ-120мм, верх-30мм)	м2	0,87	310,00	269,70			-
3	Утеплитель Изовер (верх-50мм)	м2	0,12	240,00	28,80			-
4	Утеплитель (Rockwoolкавитибатс низ-100мм)	м2			-	0,87	168,30	146,42
5	Утеплитель (Rockwoolвентибатсопт има верх-50мм)	м2			-	0,87	121,45	105,66
6	Утеплитель (Rockwoolвентибатс верх-50мм)	м2			-	0,10	121,45	12,15
7	Ветрогидрозащитная пленка ФибраИзол НГ	м2	1,21	117,00	141,57			-
8	Крепления для утеплителя	шт	9,79	9,40	92,03	7,72	9,40	72,57
9	Анкер MUNGO MBRK-STB 10*100	шт	4,04	21,00	84,84	4,04	21,00	84,84
10	Заклепка нерж/нерж	шт	12,43	3,80	47,23	12,43	3,80	47,23
11	Профиль ГО 40*40*1,2мм оцинкованный	мп	3,54	76,90	272,23	2,79	76,90	214,55
12	Профиль вертикальный П-обр 65*21,5*20*1,2мм	мп	1,70	106,70	181,39	1,70	106,70	181,39
13	Профиль вертикальный Z-обр 25*21,5*40*1,2мм	мп	1,28	76,90	98,43	1,28	76,90	98,43
14	Отлив, откос из ОЦ 0,55мм стали с ППП	м2	0,33	494,00	163,02	0,33	494,00	163,02
15	Парапет из 0,55мм ОЦ стали ППП	м2	0,09	494,00	44,46	0,09	494,00	44,46
16	Клямер стартовый из нержавеющей стали AISI-304	шт	1,03	25,74	26,51	1,03	25,74	26,51
17	Клямер основной из нержавеющей стали AISI-304	шт	5,00	34,32	171,60	3,94	34,32	135,22
18	Заклепка нерж/нерж подсистема	шт	20,00	3,80	76,00	20,00	3,80	76,00
19	Кронштейн ОЦ усиленный 200*95*80*2мм	шт	2,87	44,35	127,28	2,87	44,35	127,28
20	Прокладка паронитовая 90*80*2мм	шт	2,87	7,98	22,90	2,87	7,98	22,90
21	Кронштейн ОЦ 100*50*50мм	шт	0,61	26,00	15,86	0,61	26,00	15,86

Продолжение таблицы 3.3

22	Кронштейн ОЦ 70*50*50*2мм	шт	0,20	18,52	3,70	0,20	18,52	3,70
23	Прокладка паронитовая 60*60*2мм	шт	0,81	5,76	4,67	0,81	5,76	4,67
	Итого:				2 606,62			2 317,26
	Экономия: материал							289,35
24	Устройство ветрогидрозащитной пленки (ФОТ, НР, СП)				96,06			-
	Экономия: ФОТ, НР, СП							96,06
	Экономический эффект							385,41

Таблица 3.4 – Расчет стоимости СМР на 1м² вентилируемого фасада без материалов с учетом НДС

№ пп	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.		Сметная стоимость в текущих (прогнозных) ценах, руб.	
				на ед.	всего	на единицу измерения	общая
Раздел 1.							
1	ФЕР26-01-055-02 <i>Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр</i>	Установка пароизоляционного слоя из: пленки полиэтиленовой (без стекловолоконистых материалов) <i>(Прил.26.2 При работе с люлек</i>	100 м2		0,01 <i>1 / 100</i>	3171,27	31,71
		ОЗП=1,2; ТЗ=1,2)					
		Затраты труда рабочих (ср 3,2)	чел.час	17,232	0,17	171,48	29,15
		Затраты труда машинистов	чел.час	0,25			
		<i>Накладные расходы от ФОТ</i>					25,6
		<i>Сметная прибыль от ФОТ</i>					24,1
		<i>Всего с НР и СП</i>			85% 80%		81,41
Итого прямые затраты по смете в текущих ценах							31,71
Накладные расходы							25,6
Сметная прибыль							24,1

Итоги по смете:	
Теплоизоляционные работы	81,41
Итого	81,41
В том числе:	
Машины и механизмы	2,16
ФОТ	30,12
Накладные расходы	25,6
Сметная прибыль	24,1
НДС 18% от 81,41	14,65
ВСЕГО по смете	96,06

Представим графически экономический эффект от предложенных мероприятий (рисунок 3.2).

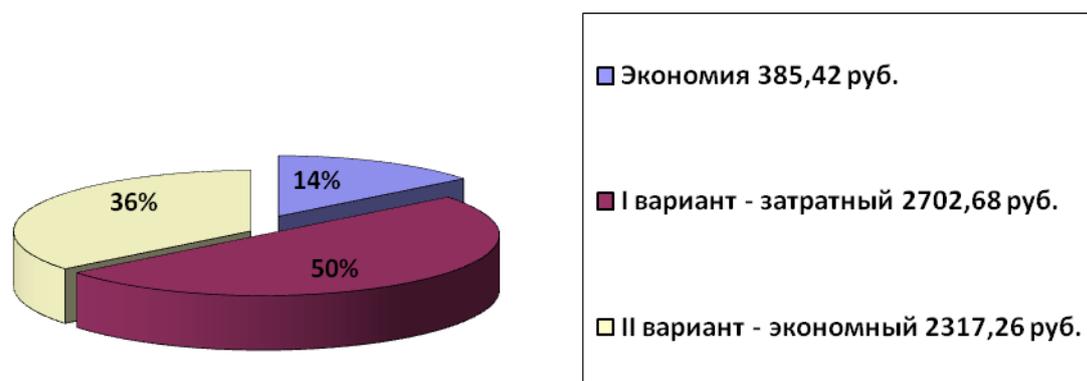


Рисунок 3.2 - Экономический эффект от предложенных мероприятий

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обоснована возможность устройства навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит существующих зданий.

2. Обобщены научно-технические достижения в вопросе выполнения работ по устройству навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит.

3. Уточнены категории понятий: «вентилируемый фасад», «эффективность вентилируемого фасада», «технологии устройства вентилируемого фасада».

4. Дополнена существующая классификация фасадов зданий.

5. Уточнена технология устройства вентилируемых фасадов из керамогранитных плит существующих эксплуатируемых зданий.

6. Разработано предложение по оптимизации технических решений устройства навесного вентилируемого фасада за счёт устройства теплозащиты (минераловатного утеплителя) в два слоя, главным преимуществом которого является повышение теплоизоляционных свойств фасадной конструкции, а установка плит главного, внешнего слоя, перекрывающих стыки внутреннего, препятствует возникновению мостиков холода. Так же данное решение позволит удешевить конструкцию.

7. Разработано предложение по замене материала с более высокими прочностными характеристиками – Rockwool.

8. Представлено испытание эмиссии стекловолокнистых плит, которое показало, что при длительном влиянии ветра при скорости 10 м/с, внешней температуре воздуха 20 °С и относительной влажности от 48 - 83%, эмиссия волокон практически отсутствует, что позволяет отказаться от устройства ветрогидрозащитной пленки.

9. Разработаны предложения по оптимизации технологического процесса устройства навесного вентилируемого фасада путем отказа от операции, связанной с устройством ветрогидрозащитной пленки. Данное предложение

влечет экономию за счет: покупки, транспортировку, перенос и складирование, монтаж материала.

10. Представлено технико-экономическое обоснование предложенных мероприятий. Экономический эффект составил 385,41 руб./м² – 14,3%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александровский, С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций [Текст]; М., НИИСФ РААСН, ГУЛ НИИЖБ ГНЦ «Строительство», 2004. - 332 с.
2. Афанасьев, А.А. Реконструкция жилых зданий. Часть I Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий [Текст]/ А.А. Афанасьев, Е.П.; Библиотека гостов и нормативов, М.: 2008 Web: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/53/53642/
3. Бабков, В.В. О надежности и долговечности навесных фасадных систем [Текст] / В.В. Бабков, Г.С. Колесник, В.А. Долгодворов, Г.Т. Пономаренко; Строительные материалы. - 2007. - №7. - с. 24-26.
4. Батрак, В.Е. Метод оценки долговечности теплоизоляции при действии эксплуатационных нагрузок [Текст] / В.Е. Батрак, В.В. Бобряшов, В.М. Бобряшов; Труды I Всероссийской научно-технической конференции «Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования». - Санкт-Петербург, 26-27 июня 2008г. - с. 76-85.
5. Ватин, Н.И. НВФ: основные проблемы и их решения [Текст] / Н.И. Ватин, Д.В. Немова; Мир строительства и недвижимости. - 2010.- № 36. - с. 2-4.
6. Воробьев, В.С. Оценка долговечности многослойных ограждающих конструкций [Текст] / В.С. Воробьев, Н.П. Запащикова; Современная наука: теоретический и практический взгляд. – Уфа: АЭТЕРНА, 2014. - с. 15-17.
7. Горшков, А.С. Методические основы решения проблемы долговечности ограждающих конструкций зданий [Текст] / А.С. Горшков, М.В. Кнатько, П.П. Рымкевич; СтройПРОФИль. – 2009. - №3(73). – с. 112-113.
8. Горшков, А.С. Оценка долговечности ограждающих конструкций зданий [Текст] / А.С. Горшков, М.В. Кнатько, П.П. Рымкевич; СтройПРОФИль. -2009. -№3. - с.7-8.
9. Гусев, Б.В. Теплотехнические особенности проектирования утепленных наружных стен с вентилируемым фасадом [Текст] / Б.В. Гусев,

В.А. Езерский, П.В. Монастырев, Н.В. Кузнецова (учебное пособие). - М.: Ассоциации строительных вузов, 2006. - 117 с.

10. Жуков, А.Д. Системы вентилируемых фасадов [Текст] / А.Д. Жуков; Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование».-2012.- № 1.

11. Запашикова, Н.П. Методика проведения экспериментальных исследований по определению долговечности строительных материалов для возведения зданий [Текст] / Н.П. Запашикова; Наука и молодежь XXI века: Материалы XI научно-технической конференции студентов и аспирантов, посвященной 80-летию СГУПС, Ч.1: Технические науки.- Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. – с. 57-58.

12. Запашикова, Н.П. Методический подход к оценке надежности и экономичности вентилируемых фасадов [Текст] / Н.П. Запашикова, Ю.В. Плехотко; Наука и молодежь СГУПС в третьем тысячелетии: сб. науч. статей аспирантов и аспирантов-стажеров. Вып. 3. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2014. – с. 39-46.

13. Запашикова, Н.П. Надежность инфраструктурных объектов промышленно-гражданского назначения на сухопутных путях сообщения [Текст] / Н.П.Запашикова; Политранспортные системы: Тезисы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». – Новосибирск, Изд-во СГУПС, 2014. – с. 114-117.

14. Запашикова, Н.П. Основные подходы к исследованию надежности навесных вентилируемых фасадов в домостроении в условиях Сибири [Текст] / Н.П. Запашикова ; Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - № 1-2.- 2014. - с. 153-155.

15. Запашикова, Н.П. Оценка надежности ограждающих конструкций зданий методами физического и вероятностного моделирования [Текст] / Н.П.

Запашикова; Интернет-журнал «Науковедение», Выпуск 5 (24), сентябрь-октябрь 2014. - Web. <http://naukovedenie.ru> 76TVN514.

16. Зорин, Р.Н. Анализ современных систем вентилируемых фасадов [Текст] / Р.Н. Зорин, И.В. Съянов; Научный вестник ВГАСУ Материалы 13-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии в экологии». – 2010. - с. 139-142.

17. Зорин, Р.Н. Обзор существующих конструктивных решений наружных ограждающих конструкций в каркасном домостроении [Текст] / Р.Н. Зорин, В.В. Левкин; Научный вестник ВГАСУ. Материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». – 2012. - с. 86-89.

18. Клиндух, Н.Ю. Энергосбережение зданий на основе совершенствования и развития новых конструктивных схем навесных фасадных систем [Текст] / Н.Ю. Клиндух А.В. Терешкова, О. Шамова; Труды Братского государственного университета. Серия Естественные и инженерные науки - развитию регионов Сибири. Т. 2. - 2012 - с. 178-181.

19. Кнатько, М.В. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий [Текст] / М.В. Кнатько, М.Н. Ефименко, А.С. Горшков; Инженерно-строительный журнал. - 2008 - № 8- с. 50-53.

20. Кнатько, М.В. Опыт испытания стеновой конструкции в лабораторных и натуральных условиях с целью прогнозирования ее эксплуатационного срока службы [Текст] / М.В. Кнатько, И.И. Пестряков, А.С. Горшков, П.П. Рымкевич; Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий: Сборник трудов II Всероссийской научно-технической конференции. - СПб. - 2009. - с.56-65.

21. Корниенко, С.В. Температурно-влажностный режим наружных стен с вентилируемым фасадом [Текст] / С.В. Корниенко; Academia. Архитектура и строительство. - 2009. - №5. - с. 389-394.

22. Кужин, М.Ф. Методика выбора организационно-технологических решений при устройстве навесных фасадных систем [Текст]; М.:2013 – 120 с.

23. Куприянов, В.Н. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций [Текст] / В.Н. Куприянов, А.И. Иванцов; Известия КГАСУ- 2011 - № 3 (17) - с. 63-70.

24. Лобов, О.И. Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции [Текст] / О.И. Лобов, А.И. Ананьев; Строительные материалы. - 2008. - №4. - с. 56-59.

25. Макеенко, В. Новосибирская «хрущёвка» [Текст] / В. Макеенко; «Ведомости Законодательного Собрания Новосибирской области» № 48 (1223). - 2012.

26. Методика применения сметных норм. Приложение к приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2016 г. № 1028/пр. [Текст]

27. Официальный сайт компании «Вент-Фасад» [Текст] - Web. http://ventiliruemye-fasadi.ru/fasadnye_sistemy.html#3

28. Павлова, Л.В. Современные энергосберегающие конструкции зданий. Стены. Учебное пособие [Текст] / Л.В. Павлова. – Web. <http://biblioclub.ru>

29. Павлова, Л.В. Качество и надежность теплозащиты зданий [Текст] / Л.В. Павлова; Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. - 2013. - № 4 (12). - с. 99-105.

30. Подвальный, А.М. Основные проблемы долговечности вентилируемых фасадов зданий [Текст] / А.М. Подвальный; Стройпрофиль. 2003. № 8(30). с. 14-16.

31. Семенов, В.Н. Исследование влияния энергоэффективных покрытий на тепловую защиту зданий [Текст] / В.Н. Семенов, Д.Ю. Королев, В.А. Лукинов; Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2011. - № 4 (24) - с. 36-44.

32. Современные материалы для отделки фасадов зданий [Электронный ресурс]: учебное пособие [Текст]/ С.Н. Кислицына [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2014. — 109 с. — 2227-8397.

33. Степанова, В. Обеспечение долговечности зданий и сооружений [Текст] / В. Степанова; Высотные здания - 2007 - № 4 – с. 116-117.

34. Строительный портал «Абсолют» [Текст] – Web. <http://absolyt.ru/fasady-v-novosibirske.html>.

35. Теплотехнический расчет наружных ограждений [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсовой работы для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство [Текст] / . — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 8 с. — 2227-8397.

36. Тихонов, Ю.М. Современные строительные материалы и архитектурно-строительные системы зданий. Часть I. Современные строительные материалы для частей зданий [Электронный ресурс] : учебное пособие [Текст] / Ю.М. Тихонов, С.Г. Головина, А.Ф. Шарапенко. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 155 с. — 978-5-9227-0671-1.

37. Туснина, В.М. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем НВФ[Текст] / В.М. Туснина, О.А. Туснина, А.А. Емельянов; Инженерно-строительный журнал. - 2013 - № 8- с. 54-63.

38. Утепление фасадов жилых домов, выбор оптимальной фасадной системы[Текст] / Интернет-площадка «x-teplo.ru», посвященная отоплению и утеплению. - Web. <http://x-teplo.ru/uteplenie/fasady/uteplenie-fasadov-zhilyx-domov.html>.

39. Черных, Ю. Расселение и снос ветхих, аварийных и старых жилых домов при развитии застроенных территорий. Часть 1. Теория и практика расселения жилых домов» [Текст] / Ю. Черных. - Информационный портал «Realto.ru». Web. <http://www.realto.ru/journal/likbez/show/?id=32643>

40. Яворский, А.А. Анализ надежности фасадных теплоизоляционно-отделочных систем с вентилируемым воздушным зазором [Текст] / А.А. Яворский, С.А. Киселев; Приволжский научный журнал. – 2012.- № 4 – с. 80-84.

41. Abdullah, A., Ronnett, M. Exploration of complex curtain wall solutions: Shanghai Fisherman's Wharf Iconic Tower [Текст]/ A. Abdullah, M. Ronnett; Research Journal. Perkins+Will. - 2010.

42. Lind, N. Tolerable Risk, Proceedings of the conference on safety [Текст] / N.Lind. Risk and Reliability, Malta. - 2001.

43. Motuziene, V. Complex Analysis of Energy Efficiency of public buildings: case study of VGTU [Текст] / V. Motuziene, K. Valancius, G. Rynkun; Magazine of Civil Engineering. - 2012. - No. 2 (28). - Pp. 9-17.

44. Rackwitz, R. A new approach of setting safety targets, Proceedings of the conference on safety [Текст] / R. Rackwitz; Risk and Reliability, Malta/ - 2001.

45. Van Gelder, L. Probabilistic design and analysis of building performances: methodology and application example I [Текст] / L. Van Gelder, H. Janssen, S. Roels; Building Physics Section, Department of Civil Engineering. – 2014

ПРИЛОЖЕНИЕ А



МИНОБНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
(ТГУ)

ОКПО 55914968 ул. Белорусская, 14, г. Тольятти,
ОГРН 1036300997567 Самарской обл., 445020
ИНН 6320013673 Телефон (8482) 54-64-24
КПП 632401001 Факс (8482) 53-95-22
E-mail: office@ttsu.ru
http://www.ttsu.ru

25.05.2018 № 6333
на № _____ от _____

АКТ

о принятии к внедрению результатов выпускной квалификационной работы
студента Зябревой Ольги Александровны
на тему «Совершенствование технологии и организации работ по устройству навесных
вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий»

Магистрантом Зябревой О.А. была выполнена выпускная квалификационная работа на тему «Совершенствование технологии и организации работ по устройству навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит эксплуатируемых зданий». Материалы данной работы высоко оценены и внедрены в практическую деятельность по разработке проектной документации на реконструкцию главного корпуса «ТГУ».

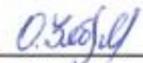
По итогам проведенного исследования существующих технологий навесных вентилируемых фасадов из керамогранитных плит, автор произвел расчет экономической эффективности предложенной технологии утепления фасада здания без применения ветрогидрозащитной пленки.

Предложенная в работе технология позволяет добиться необходимого теплотехнического результата без использования дополнительных материалов, что позволит получить следующий технико-экономический эффект:

- сокращение стоимости материалов и трудозатрат на их установку.

Анализ и выводы, изложенные в выпускной квалификационной работе Зябревой О.А., несомненно, представляют не только теоретический, но и практический интерес, так как внедрение полученной технологии по устройству навесных вентилируемых фасадов позволило существенно сократить материалы, трудозатраты на разгрузку, складирование, установку.

Работу сдал:
От исполнителя Магистрант

 /Зябрева О.А./

Работу принял:
От заказчика Главный инженер



/Жданкин В.Д./

«7» мая 2018 года