

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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)

Технология строительного производства

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Совершенствование конструктивного устройства навесных фасадов
гражданских зданий

Студент

А.А. Мещерякова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.Н. Шишканова

(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)

« ____ » _____ 2019 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Д.С. Тошин

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

(личная подпись)

« ____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Техничко – теоретические аспекты устройства навесных фасадов гражданских зданий	6
1.1 Анализ применения конструкций навесных фасадов в РФ и за рубежом ..	6
1.2 Теоретические основы монтажа конструкций навесных фасадов	25
2 Исследование технических решений, применяемых при устройстве фасадных систем	30
2.1 Исследование и оценка конструктивного устройства и узлов крепления навесных фасадов	30
2.2 Исследование и оценка материалов, применяемых в конструкциях НФС для гражданских зданий	43
2.2.1 Материалы для теплоизоляции.....	43
2.2.2 Гидроизоляция фасада	47
2.2.3 Воздушная прослойка как элемент системы НФС	51
2.2.4 Облицовочные материалы.....	53
3 Разработка технико – технологических решений по устройству навесных фасадных систем	58
3.1 Предложения по совершенствованию конструктивного устройства НФС	58
3.2 Предложения по повышению эффективности производства работ по монтажу	76
3.3 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В течение последних десяти лет в России проводится политика, направленная на снижение энергозатрат и увеличение экономии энергоресурсов.

Применение конструкций навесных фасадов при облицовке стен гражданских зданий – один из возможных способов энергосбережения. Кроме того, навесные фасадные системы позволяют повысить архитектурно – эстетическую привлекательность здания, улучшить эксплуатационные характеристики и существенно снизить затраты на реконструкцию зданий.

Конструкции такого типа обладают рядом существенных преимуществ: всесезонность монтажа, долговечность, возможность замены отдельных элементов конструкции.

Однако эта технология далеко несовершенна: наличие потерь тепла, вызванных несовершенством системы крепления, сложности при расчете зданий с высокой этажностью, пожароопасность, недостаточная звукоизоляция.

Выявленные недостатки существенно снижают технические характеристики, и как следствие срок службы навесных фасадных конструкций. Поэтому стоит обратить пристальное внимание на возможности совершенствования существующих конструктивных систем фасадного ограждения.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что тема диссертационной работы достаточно актуальна.

Степень разработанности темы. Возможности технологического совершенствования конструкций и методов производства работ по устройству навесных фасадных систем в своих работах рассматривали Бадьин Г.М., Бобров Ю.Л., Мотяев М.А., Ватин Н.И., Матвеев Е.П. Вопросами обслуживания и ремонта конструкций фасадного утепления занимались Яворский А.А., Покровская Ю.В., Казаринов К.Е., Борисов Н.А.

Цель исследования – разработка способов, улучшающих тепловую защиту зданий при применении фасадных систем навесного типа.

Предметом исследования магистерской диссертации являются способы повышения теплозащитных характеристик фасадных систем.

Объект исследования диссертационной работы – конструкция навесных фасадов.

Задачи, поставленные при работе над заявленной темой:

1. Проанализировать существующие типы фасадных конструкций и их теплозащитные свойства.

2. Выполнить оценку технических и технологических решений по их установке.

3. Провести сравнительный обзор материалов, применяемых в фасадных системах навесного типа.

4. Внести предложения по совершенствованию конструкций.

5. Разработать мероприятия по повышению эффективности производства монтажных работ.

6. Оценить эффективности предлагаемых мероприятий.

Методы исследования: описание, прогнозирование, обобщение, системный анализ, индукция, аналогия.

Научная новизна заключается в нижеследующем:

1. Разработана система конструктивного устройства навесного фасада.

2. Модернизирована технология производства работ по монтажу навесных фасадных систем.

3. Уточнена величина трудозатрат при применении способов холодного бесшовного напыления.

Практическая значимость состоит в снижении материальных и трудовых ресурсов при устройстве фасадных конструкций путем модернизации методики производства работ по их монтажу, а также в возможности дальнейшего использования материалов главы 3 в деятельности строительно – монтажных организаций.

Апробация результатов исследования. Экспериментальная часть исследований выполнялась на существующем объекте - административное здание, расположенное в г.о. Тольятти, на пересечении улиц 70 лет Октября и Льва Яшина.

Достоверность предложенных разработок подкреплена теоретическими расчетами, представленными в научной работе, а также публикациями автора:

1. Мещерякова, А.А. Анализ фасадных конструкций, применяемых в Российской Федерации и за рубежом / А.А. Мещерякова, В.Н. Шишканова // сборник научных трудов по итогам международной научно – практической конференции «Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения». - 2018. - №5. – с. 55-57.

2. Мещерякова, А.А. Инновационные материалы для гидроизоляции навесных фасадных конструкций / А.А. Мещерякова, В.Н. Шишканова // Наука и образование: новое время. – 2018. - №6. – с. 35-39.

Объем и структура работы. Магистерская диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и пяти приложений. Общий объем работы составляет 99 страниц.

1 Техничко – теоретические аспекты устройства навесных фасадов гражданских зданий

1.1 Анализ применения конструкций навесных фасадов в РФ и за рубежом

Тепловая защита – одна из наиболее важных характеристик здания, обосновывающая его энергоемкость в соответствии с климатическими условиями региона. Поэтому в нынешнее время для поддержания нормируемого объема теплоступлений в помещения повсеместно используют наружную теплоизоляцию ограждающих элементов.

Исследования рынка показали, что спрос на устройство изолирующих оболочек жилых и общественных объектов в последующие 5 – 7 лет будет только расти (рисунок 1.1).

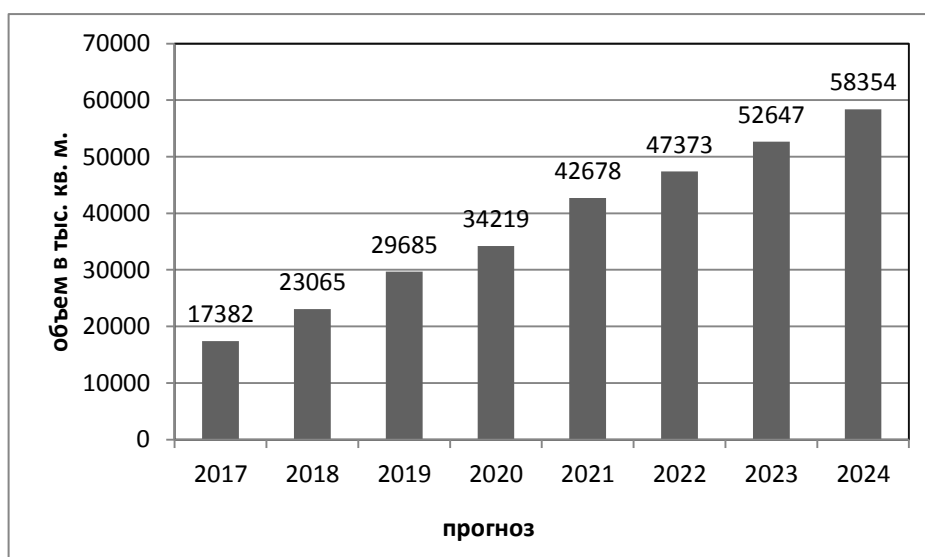


Рисунок 1.1 – Прогнозируемый рост предложений по использованию навесных фасадов

На сегодняшний день в России и за рубежом известно более 20 систем утепления с применением конструкций навесного фасада. Все эти системы апробированы и нашли широкое применение при строительстве и капитальном ремонте жилых и гражданских зданий. Принципиальный состав конструкции систем одинаков, разница заключается лишь в видах и типах

крепления, применении различного вида облицовочного материала, в геометрии несущего каркаса фасада [32].

На диаграмме ниже (рисунок 1.2) представлено распределение наиболее распространенных конструктивных схем в целом по рынку.

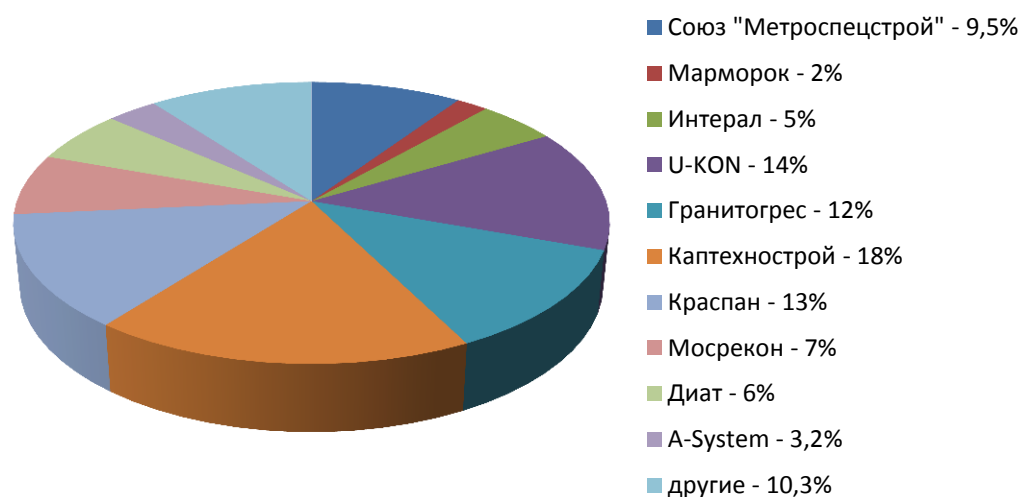


Рисунок 1.2 – Долевое соотношение подконструкций навесной теплоизоляции

Теперь рассмотрим более подробно некоторые из них, указав отличительные особенности.

Система «Союз «Метроспецстрой»

Каркасная система данной конструкции состоит из основных и промежуточных вертикальных и горизонтальных профилей, материал конструкций – алюминий и низколегированные стали.

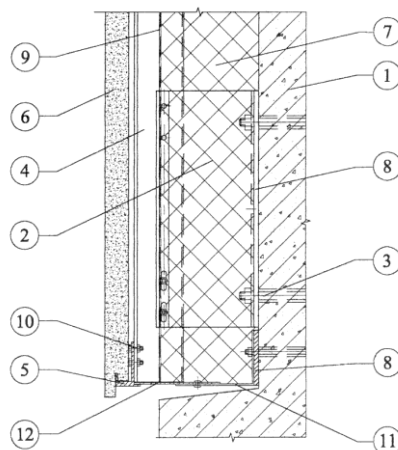
Теплоизоляционный слой представляет собой кашированные минераловатные плиты, соединенные с наружной стеной при помощи тарельчатых дюбелей.

Внешний экран навесного фасада может быть выполнен из плит природного камня, керамогранита и стеклофибробетона.

При установке облицовочных плит из натурального материала применяется специальная система креплений: вертикальные полозья профиля представляют собой пазы для установки облицовки. Другие виды облицовочного материала крепятся типовым способом с помощью

кляммеров из алюминия или нержавеющей стали.

Особенность данной системы заключается в формировании пластики фасада при монтаже внешнего слоя на разном расстоянии и под разным углом от наружной стены здания и создании сложных архитектурных форм, благодаря специальному каркасу и применению плит нестандартных размеров.



1 - основание, 2 - кронштейн, 3 - анкер, 4 - вертикальный профиль, 5 - горизонтальный профиль, 6 - облицовка, 7 - теплоизоляция, 8 - паронитовая прокладка, 9 - ветровлагозащитная мембрана, 10 - болт, 11 - уголок, 12 - перфорированная пластина

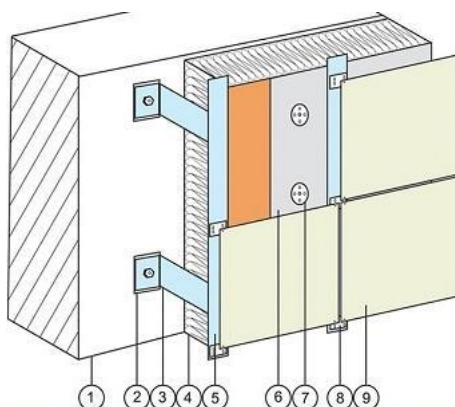
Рисунок 1.3 - Система «Союз «Метроспецстрой»

Система «Марморок»

Основой каркаса данной системы является следующий набор элементов: кронштейны, вертикальные и горизонтальные профили. На вертикальном профиле с шагом 100 мм расположены крючки и полоски для крепления облицовки, слой теплоизоляции фиксируется только с помощью связанной системы профилей без дополнительного крепежа в виде дюбелей. После крепления профилей каркаса в полученные ячейки укладывается теплоизолирующий слой. Затем конструкция накрывается ветровлагозащитной пленкой и повторно укрепляется вторым слоем каркаса, тем самым обеспечивается надежная фиксация утепляющего слоя. Для облицовочных работ применяют плитку «Марморок», изготовленную из каменной крошки на цементном вяжущем с гидрофобным наружным слоем. В

месте крепления облицовочная плита имеет специальную складку для надежной фиксации на основании навесного фасада.

Особенность данной системы заключается в разнообразии цветовых и конструктивных решений отдельных элементов. Благодаря навесному фасаду такого типа можно обрамлять оконные и дверные проемы, карнизы, шатровые участки крыш. Элементы оформления изготавливаются из оцинкованной стали с полимерным красящим пигментом.



1 - основание, 2 - паронитовая прокладка, 3 - кронштейн с анкерным креплением, 4 - минеральная вата, 5 - вертикальный профиль, 6 - ветровлагозащитная мембрана, 7 - дюбель, 8 - кляммер, 9 - керамогранит

Рисунок 1.4 - Система «Марморок»

Система «ИНТЕРАЛ»

Кронштейны и вертикальные профили составляют основу несущего каркаса навесного фасада. В зависимости от материала применяемых облицовочных элементов существует два типа кронштейнов:

- «С-образный» с флажком
- «L-образный»

Также для обхода откосов проемов и угловых стыков плит применяют специальные кронштейны.

Типы вертикальных профилей также разнообразны, в сечении они имеют соответствующий вид:

- «L-образный»
- «Т-образный»

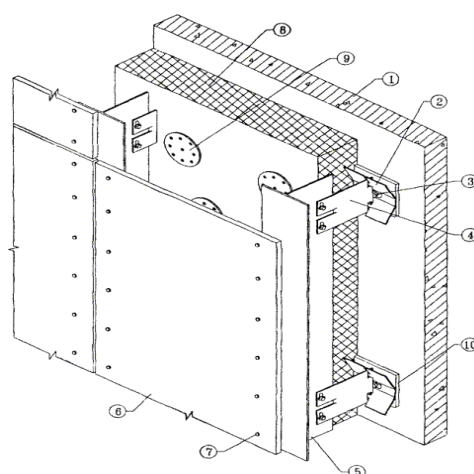
- «П-образный»
- «Е-образный»
- с квадратным профилем

Теплоизоляционный слой представлен минераловатными плитами с каптированной поверхностью. Влагозащита и утеплитель крепятся к материалу основания при помощи тарельчатых дюбелей.

Материал облицовочных покрытий достаточно широк: фибробетон, кассетные панели, алюминиевые листы, природные материалы.

Способы крепления облицовки существенно различаются: для крепления листов фибробетона применяют саморезы или заклепки из оцинкованной стали, кассетные панели крепят с помощью втулок на элементы вертикального каркаса, алюминиевые листы – клепками на специальный вертикальный профиль П-образного сечения, а гранит и другие природные материалы устанавливают с помощью кляммеров открытым или закрытым способом.

Отличительная черта данной конструкции заключается в следующем – благодаря применению в облицовке металлических листов существует возможность выгибать и вырезать различные архитектурные формы.



1 - основание, 2 - «С-образный» кронштейн с флажком, 3 - паронитовая прокладка, 4 - кляммер, 5 - горизонтальный профиль, 6 - фасадная плита, 7 - дюбель, 8 - утеплитель, 9 - паронитовая прокладка

Рисунок 1.5 - Система «ИНТЕРАЛ»

Система «U-KON»

Крепежная система представлена профилями, кронштейнами, салазками и дренажами, выполненными из нержавеющей стали. Принципиальная конструктивная схема имеет следующий вид: вертикальные профили монтируются при помощи кронштейнов на несущую стену здания, горизонтальные – при помощи клепочного механизма.

Для данной конфигурации навесного фасада применяют три вида кронштейнов:

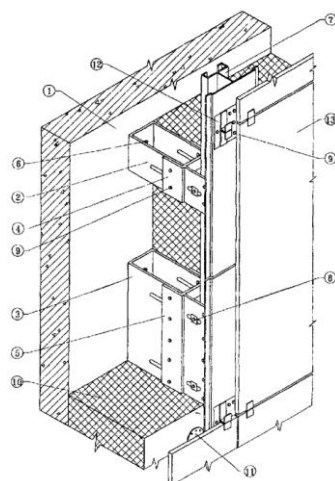
- способные воспринимать собственные вес
- учитывающие ветровые нагрузки на фасад
- которые воспринимают горизонтальную нагрузку листов облицовки, позволяющие учитывать температурные деформации профилей при изменении условий окружающей среды

Салазки применяются для возможности осуществления «усадного движения» конструкции при жестком закреплении профилей.

В зависимости от материала и способа крепления облицовки применяются вертикальные профили П-образного и двутаврового сечений.

Для лицевой части фасада применяют композитные материалы (листы) марок «Alucobond» и «Dibond» с различной наружной поверхностью, а также листовый металл, керамогранит. Установка облицовочной поверхности осуществляется с помощью прижимных профилей или заклепок.

Уникальность данного вида навесного фасада в возможности изготовления объемных конструкций любой сложности благодаря фрезеровке и сгибу композитных панелей.



1 - основание, 2, 3 - П-образный профиль, 4 - вертикальный профиль, 5 - пластина, 6 - болт, 7 - вертикальный профиль, 8 - дюбель, 9 - анкер, 10 - утеплитель, 11 - паронитовая прокладка, 12 - салазки, 13 - натуральный камень

Рисунок 1.6 - Система «U-KON»

Системы «Гранитогрес» и «Каптехнострой»

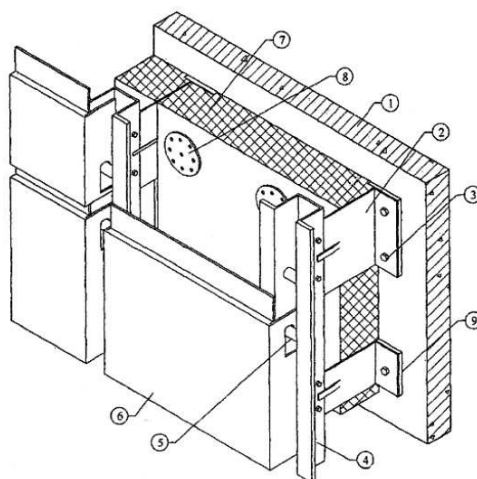
Отсутствие горизонтальных профилей в конструктиве навесного фасада отличает данную систему от всех остальных систем.

Внешние плиты фасада крепятся на вертикальные профили при помощи упругого уплотнителя из морозостойкого каучука, кроме вертикальных и кассетных панелей. Система крепления может быть как открытой при помощи кляммеров, так и скрытой – при помощи самораспорных винтов, установленных в скобы профиля. Также возможен способ навешивания фасадов характерный для кассетных панелей облицовки.

Материал крепежных деталей – прессованный алюминий или алюминиевый лист.

Способы отделки фасада:

- керамогранит
- плиты из фибробетона с напылением крошки из натурального камня
- алюминиевые панели
- многослойные алюмо-пластиковые материалы
- кассетные панели



1 - основание, 2 - скоба профиля, 3 - самораспорный винт, 4 - вертикальный профиль, 5 - навешивающий механизм, 6 - панель, 7 - утеплитель, 8 - паронитовая прокладка

Рисунок 1.7 - Системы «Гранитогрес» и «Каптехнострой»

Система «Краспан»

Особенностью данного типа навесного фасада является применение в облицовке плит из прессованных волокнисто-цементных вяжущих производства завода «Краспан» (г. Красноярск). Данные материалы выпускаются двух видов с гладкой внешней поверхностью в разнообразных цветовых решениях и с натуральной каменной крошкой, создавая поверхность природного материала.

Установка плит осуществляется на каркас из вертикальных и горизонтальных профилей с помощью саморезов и заклепок через резиновую прокладку. Сечение горизонтального крепления может быть «Г-образное» или «П-образное», вертикальное крепление изготавливается целого или половинчатого типоразмера, также производят специальные фасонные части для углового соединения, откосов, сливов и проемов.

Основные требования системы:

- элементы вертикального крепления не должны соединяться между собой
- кромки облицовочных плит должны совпадать со стыками каркаса по высоте

- швы, образованные при монтаже фасадов на стыках стен, закрываются металлическими накладками в цветовой гамме облицовочных плит

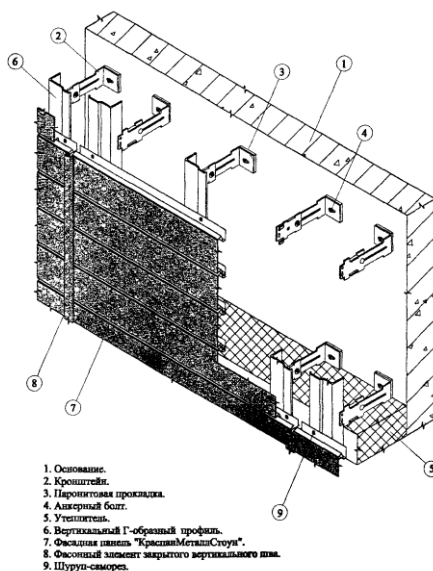


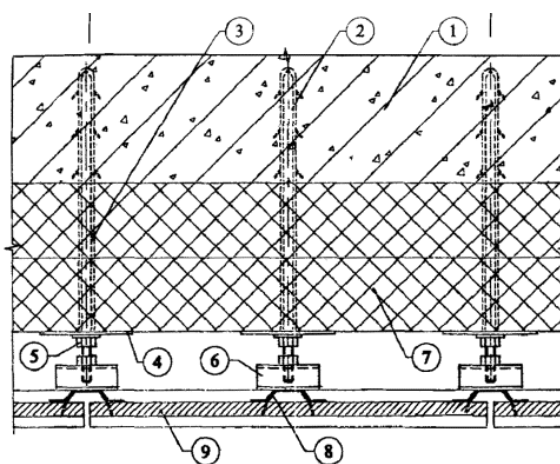
Рисунок 1.8 - Система «Краспан»

Система «Мосрекон»

Уникальность конструкции заключается в отсутствии таких крепежных элементов как: кронштейны и горизонтальные профили, вместо них основную нагрузку принимают на себя анкерные шпильки с резьбой, вмонтированные в наружную стену с помощью дюбеля. При креплении утепляющего слоя используют пластину – шайбу из морозостойкой резины, а на свободном конце шпильки располагается фигурная пластина с гайкой, к которой болтами присоединяется вертикальный профиль. Плиты облицовки монтируются на крючки вертикального каркаса. Во избежание превышения проектного усилия при монтаже системы используется защитная втулка.

При установке навесного фасада такого типа на объектах сложной архитектуры дополнительно используются различные крепежные металлические изделия в местах примыкания балконов, лоджий и парапетов.

Материал облицовочной составляющей фасада изготавливается из мелкозернистого бетона с гидрофобным покрытием [22].



1 - основание, 2 - анкерная шпилька, 3 - дюбель, 4 - шайба, 5 - пластина, 6 - вертикальный профиль, 7 - утеплитель, 8 - втулка, 9 - фасадная плита
Рисунок 1.9 - Система «Мосрекон»

По результатам проведенного анализа выявлены отличительные особенности основных 7 конструктивных схем навесного фасадного утепления, которые представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Преимущества и недостатки наиболее распространенных в РФ конструкций навесного утепления

Наименование конструктивной схемы	Преимущества	Недостатки
Союз «Метроспецстрой»	Возможность разноуровневого монтажа конструкций (создание пластики фасада)	Высокая металлоемкость каркаса
Марморок	Прочное крепление облицовочного слоя «шип-паз»	Отсутствие метиз при установке утеплителя
Краспан	Применение отходов деревообрабатывающей промышленности при производстве облицовочного материала	Сложности при монтаже (необходимо плотное прилегание элементов облицовки)
ИНТЕРАЛ	Разнообразие элементов подконструкций (кронштейнов, профилей)	Трудоемкость крепления облицовочного слоя (заклепки, втулки, клепки)
U-KON	Возможность изготовления объемных конструкций любой сложности	Вероятность непрочного соединения металлокаркаса клепками
Гранитогрес и Каптехнострой	Легкость при замене отдельных элементов облицовки благодаря механизму навешивания	Повышенная пожароопасность (облицовка – алюмо-пластиковыми материалами)

Продолжение таблицы 1.1

Наименование конструктивной схемы	Преимущества	Недостатки
Мосрекон	Жесткое закрепление каркаса в толще ограждения	Повышенная нагрузка на наружную стену и основание зданий

Рассмотрев более подробно теплотехнические характеристики систем, был сделан вывод, что значения термических сопротивлений ограждающих конструкций – как главного критерия тепловой защиты зданий – численно равны и способны варьироваться в зависимости от условий эксплуатации строительных объектов.

Конструкции навесного типа для облицовки наружных стен зданий жилого и гражданского строительства появились в Европе на рубеже 19 – 20 веков. Постоянно совершенствуясь и модернизируясь, они приобрели современный дизайн и простой в исполнении, но достаточно прочный конструктив.

Одним из ярких представителей производства и широкого применения навесного фасада в строительстве и реконструкции зданий является Германия. Более 75% наружного утепления всей Европы приходится на ФРГ (рисунок 1.10).

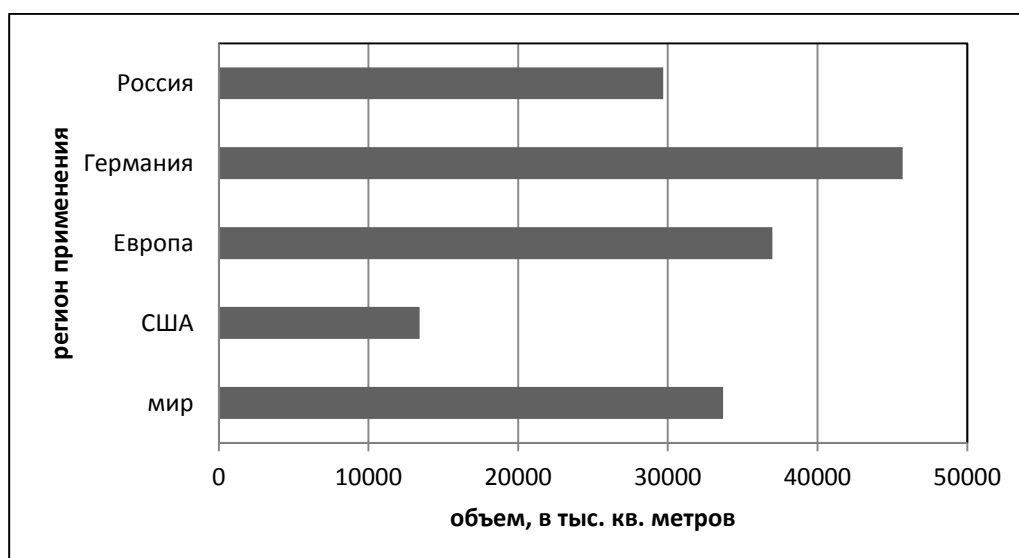


Рисунок 1.10 – Объем реализации навесного утепления на мировом рынке

Немцами разработан огромный вариационный ряд фасадов навесного типа, обладающих повышенными теплотехническими характеристиками [50].

Система «Sto Ventec Fassade»

Особенность данного вида облицовки – получение бесшовной оштукатуренной финишной отделки, скрывающей все неровности основания. Это достигается благодаря применению особой каркасной системы, состоящей из шарнирно-анкерных соединений, позволяющей преодолевать любые шероховатости.

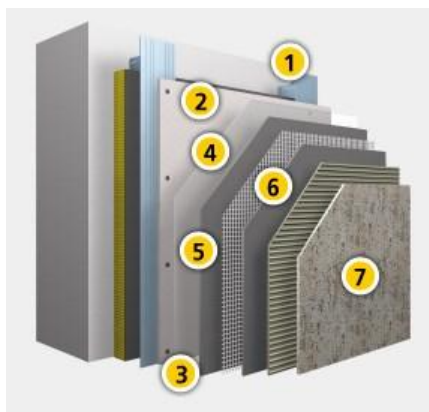
Такая конструкция является экологически безопасной, так как фасадная плита изготовлена из вторсырья с последующим покрытием органической штукатуркой, а в качестве утепляющего слоя применяется минвата.

Система «Sto Ventec Fassade» применяется для всех типов оснований наружной стены: кирпичная кладка, панельные блоки, деревянные бревна, камень.

Основные преимущества:

- высокая паропроницаемость
- сопротивляемость воздействию микроорганизмов
- трещиностойкость
- повышения звукоизоляции

Наружный слой фасада может быть представлен большим спектром материалов: керамика, стеклянная мозаика, профилированные листы, декоративные штукатурки на органических смолах.



1 - металлокаркас, 2 - несущая плита, 3 - гидроизоляционный слой, 4 - грунтовка, 5 - армирующий состав, 6 - армирующая сетка, 7 - финишная штукатурка

Рисунок 1.11 – Система «Sto Ventec Fassade»

Система «Sto Therm Classic»

Бесцементная система с утеплителем из пенополистирола обладает высокими аккумулялирующими характеристиками, способствуя долгой задержке тепла в жилых и административных зданиях.

В связи с отсутствием в составе конструкций минералосодержащих веществ её предел прочности возрастает в 10 раз по сравнению с минеральными системами. Обладая повышенной эластичностью, возникновение трещин и расслоения практически невозможно.

В связи с повышенными требованиями к пожарной безопасности фасадов применение в качестве теплоизолирующего слоя листового пенополистирола позволяет предотвратить возгорание.

Согласно проведенным независимым исследованиям было обнаружено, что система обладает большим сроком службы, после 21 года эксплуатации она сохранилась в практически первозданном виде без существенных изменений.



1 - минеральный клеящий раствор, 2 - пенополистирол, 3 - армирующий раствор, 4 - армирующая сетка, 5 - минеральная финишная штукатурка
Рисунок 1.12 - Система «Sto Therm Classic»

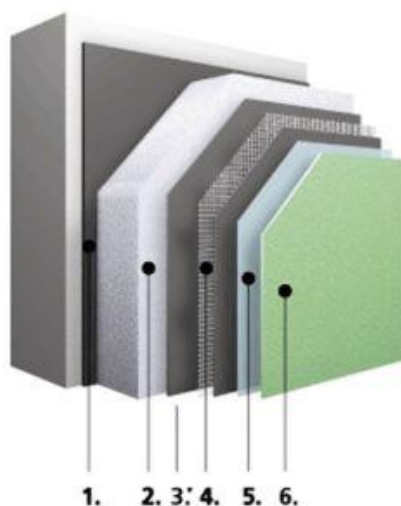
Система «Sto Therm Vario»

Уникальность данной конструкции заключается в применении полистирола в качестве теплоизолятора, а также наличии минерального армирующего слоя, наносимого поверх изоляции для улучшения её свойств и препятствия возгоранию.

Способ крепления также отличен от стандартной методики монтажа: в качестве крепежных элементов конструкции применяют стеклоткань, связанную с каркасом, благодаря применению клеящих порошкообразных составов марки Sto Levell Uni. Применение специальных растворов позволяет механизировать процесс монтажа и сократить временные рамки, так как клеи и фасадные растворы наносят машинным способом.

Кроме того, способами установки являются: дюбелирование и применение специальных резиновых шин для проблематичных оснований.

Наружная отделка представлена использованием водоотталкивающих органических штукатурок.



1 - минеральный клеящий раствор, 2 - пенополистирол, 3 - армирующий раствор, 4 - сетка армирующая, 5 - силикатное промежуточное покрытие, 6 - финишное покрытие

Рисунок 1.13 - Система «Sto Therm Vario»

Бесшовные системы «Kreisel TURBO-WSO и WSISI»

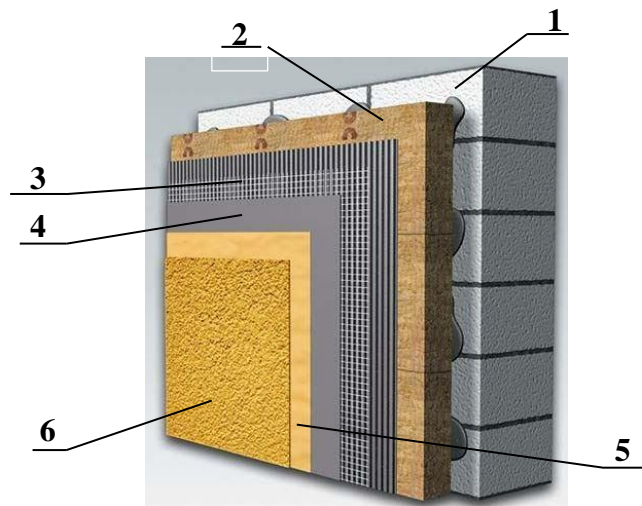
Фасадные системы такого типа отличаются своей сплошностью и водоотталкивающими свойствами, что позволяет применять их при строительстве или реконструкции зданий, расположенных в климатических зонах с повышенной влажностью.

Материал теплоизоляции – минеральная вата, представленная в виде плит или ламелей.

Отличительные особенности конструкции:

- высокая стойкость к старению
- эластичность
- грязестойкость
- стойкость к воздействию биологических организмов
- повышенная прочность

Также производство работ по монтажу систем существенно сокращается в связи с отсутствием грунтовочного слоя на наружной стене здания.



1 - кладка из ячеистых блоков, 2 - минеральная вата, 3 - армирующая стеклосетка, 4 - клеевой состав, 5 - грунтовка, 6 - силикатная штукатурка
 Рисунок 1.14 - Система «Kreisel TURBO-WSO и WSISI»

Типовое применение конструкций навесных фасадов связано с сокращением энергопотребления и снижением нагрузки на систему отопления для стран, большая часть территорий которых располагается в зоне умеренного климата. Однако возможности применения наружной отделки такой конфигурации используются и для стран с тропическим и субтропическим климатом, что позволяет снизить нагрузку на систему кондиционирования воздуха в помещениях и обеспечить эффективную вентиляцию. Странами, использующими передовые технологии в области наружной отделки такого типа, являются ОАЭ, Индия, страны Персидского залива и Катар [49], (рисунок 1.15).

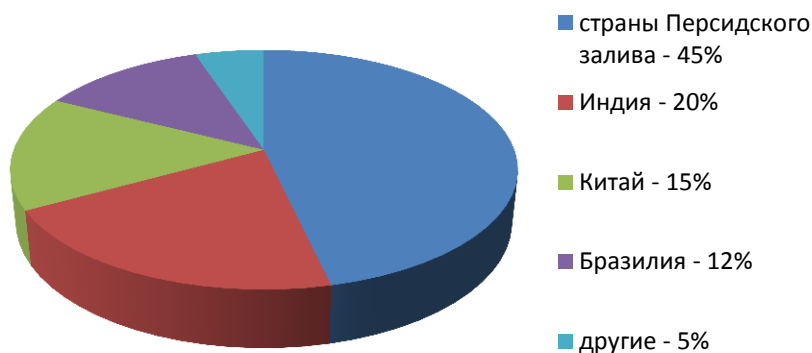


Рисунок 1.15 – Спрос на устройство навесных вентилируемых систем в странах Азиатско-Тихоокеанского региона

В экстремально жарких климатических условиях основной упор при разработке проекта навесного фасада делается на предотвращение попадания солнечного света в помещение и повышение энергоэффективности зданий. Часто система затенения становится наружным слоем гибридной системы фасада вместо облицовочных плит, применяемых в традиционных конструкциях.

Основные составляющие фасада: металлический каркас, заслонки, внешний решетчатый или стеклянный экран и воздушная прослойка (буфер), позволяющая замедлять теплопередачу между ограждающими конструкциями зданий и наружным воздухом.

Изменение направления движения воздушного потока, а также снижение количества загрязняющих веществ в воздухе помещения обеспечивается системой заслонок, применяемых для использования в часы пикового дорожного движения или изменений погодных условий. Навесной фасад обеспечивает защиту устройств солнечного затенения, которые подвержены воздействию погодных условий, что дает возможность проектировать жалюзи и системы затенения с гибким механизмом. Это позволяет снизить требования к очистке и износу механических компонентов, тем самым обеспечивая прочность и долговечность фасада.

В связи с климатическими особенностями таких стран, как ОАЭ и Катар, их климат отличается чрезвычайной влажностью, при проектировании облицовочных систем применяют методику «двойного конверта». Она заключается в следующем: наружный слой остекления заменяется на решетчатый экранный элемент, а сохранение внутреннего остекления ограждающих конструкций осуществляется с помощью создания буфера, снижающего теплообмен.

При разработке проектных решений навесных элементов используют две основные методики: организация вытяжной фасадной системы и применение машрабия в качестве наружной облицовки.

Организация вытяжной системы

При использовании буферной вытяжки внешний слой фасада остекляют, при этом образуется широкий воздушный коридор. Образовавшееся пространство используется для «сглаживания» температурных экстремумов и может быть частью системы кондиционирования. Кроме того, открытый характер внешнего слоя нового типа экрана, который расположен на расстоянии 1,0 м – 1,5 м от первичной несущей стены, что облегчает доступ для внутренней очистки конструкции от песка.

Применение машрабия

Типовые высотные офисные здания возводятся кластерно, затеняя друг друга. В связи с этим были разработаны уникальные двойные фасады, действие которых обеспечивает затенение зданий без потерь тепла. Этот метод в сочетании с относительно большой площадью остекления в верхнем слое покрытия препятствует передаче тепла и солнечной энергии. Основой системы является традиционная машрабия, которая представляет собой деревянный решетчатый экран, обеспечивающий циркуляцию воздуха, препятствуя проникновению солнечного света. Такие системы совместно с комплексом навесных стен в качестве внутреннего слоя обеспечивают высокую защиту от солнечных лучей. Слои разделены широким воздушным коридором, чтобы обеспечить свободный доступ воздуха для естественного охлаждения элементов конструкций. Внешний слой затенения является либо фиксированным, либо подвижным.

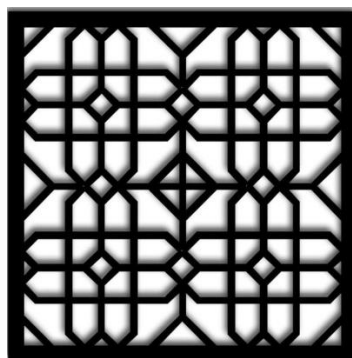


Рисунок 1.16 – Элемент машрабия

Примерами применения таких систем являются:

Башня Доха (Катар)

В фасаде башни используется фиксированный экран в качестве внешнего слоя, состоящий из четырех алюминиевых элементов – «бабочек» различного размера, чтобы показать геометрически сложный рисунок, при этом служа защитой от солнца. Структура облицовки меняется в зависимости от ориентации и соответствующих потребностей в солнечной защите. При необходимости можно прекратить попадание солнечного света в помещение, наглухо закрыв алюминиевый экран. Внутренний слой представляет собой стеклянную поверхность и завершает солнечную защиту фасада. По прогнозам данная система снизит нагрузку на систему кондиционирования на 20%.

Башни Аль-Бахар в Абу-Даби

Наружный слой фасада представляет собой запрограммированную систему из комплекса полупрозрачных зонтиков, так как он способен открываться и закрываться в соответствии с ежедневной траекторией солнца. Каждая из двух башен включает в себя более 1000 таких устройств затенения. Каждый блок состоит из растянутых ПТФЭ (поли-тетра-фтор-этилен) панелей и приводится в движение линейным приводом, которые постепенно открываются и закрываются один раз в день по ранее запрограммированной схеме. Вся установка защищена различными датчиками, которые откроют блоки в случае облачных условий или сильных ветров.

Преимущества данной системы включают: улучшение проникновения дневного света, уменьшение зависимости от искусственного освещения и более чем на 50% уменьшение коэффициента поглощения солнечной энергии.

Клиника Кливленда (Абу-Даби)

Данная конструкция представляет собой вариацию вытяжной системы навесного фасада. Двойная полость фасада открыта сверху вниз и создает

"дышащий" эффект. Механический пол в нижней части больницы позволяет прохладному воздуху из больничных помещений проникать между «слоистой» конструкцией стены, которая нагревает его, в связи, с чем он поднимается вверх и удаляется через крышу. Эта выхлопная система создает защитный барьер между внешним воздухом и внутренней частью здания. Такая конструкция позволит снизить расходы на охлаждение здания примерно на 33% из-за уменьшения работы системы кондиционирования.

Внутренний слой системы представляет собой стандартную герметичную прямолинейную несущую стену. Трубчатая стальная решетка, поддерживающая внешний слой остекления, фиксируются рукоятками, соединенными с конструкцией здания.

1.2 Теоретические основы монтажа конструкций навесных фасадов

Навесной фасад – система элементов, укрепленных на наружном ограждении зданий и сооружений и состоящая из каркаса, утепляющего и водонепроницаемого слоев и облицовки.

Существует несколько способов монтажа навесных фасадов в зависимости от применяемых элементов конструкции, однако в основе каждого из них лежит общепринятая и апробированная методика.

Первоначально необходимо провести подготовительные работы по подготовке фасада здания к монтажу. Для этого всю площадь покрытия фасада разбивают на захватки для удобства монтажа, а также для подбора высотных средств и такелажного инвентаря. После чего производят очистку фасада здания от предшествующих слоев наружной отделки (штукатурки, краски) при их наличии; при разрушении кирпичной или каменной кладки её необходимо восстановить. Кроме того, надлежит демонтировать специальные устройства, расположенные на наружных стенах: вывески, ливнестоки, антенны и различные крепежные элементы.

Монтаж навесных фасадов осуществляется на наружные стены зданий,

выполненных из керамического кирпича или блоков из легкого бетона с железобетонным или металлическим каркасом. Перед монтажом систем необходимо произвести документальную приемку фасадов здания и составить соответствующий акт о приемке. Для этого необходимо проверить толщину вертикальных или горизонтальных швов, а также правила перевязки кирпичной или блочной кладки, наличие температурных и деформационных швов, вертикальность граней. При наличии дефектов в бетонировании стен, наличии сколов, неплотностей или пустот в ограждающих конструкциях, обнажении арматуры монтаж навесных фасадов невозможен.

Процесс монтажа сопровождается составлением актов на скрытые работы и контролем качества выполняемых работ.

По окончании подготовки фасада к монтажу навесных конструкций необходимо произвести разметку крепежных элементов. Разметка производится при помощи уровня, теодолита и отвеса. Установка кронштейнов и профилей крепления может осуществляться как снизу вверх, так и сверху вниз в пределах захватки, при применении строительных лесов для монтажа конструкций разметку производят по фронту лесов. Для соответствия разметки на каждой захватке применяют заранее вынесенные контрольные точки (маяки) на фасаде здания.

Работы по монтажу могут производиться как последовательным, так и параллельным потоками. Установку ограждающих конструкций необходимо выполнять при температуре наружного воздуха от минус 15 до плюс 30 ° С в одну или две смены. Согласно ТТК [42] одновременно монтаж могут производить несколько звеньев по четыре – пять человек в звене.

Размещение конструкций навесных фасадов осуществляется в несколько этапов:

1. Установка кронштейнов

Опорные элементы фасада монтируются согласно разметке при помощи дюбелей посредством анкерных винтов. Величина заглубления анкера в наружную стену зависит от материала несущих конструкций.

Необходимо применять дюбели с коэффициентом надежности «на вырыв» - не менее 5. Монтаж кронштейнов в швы кладки производить запрещается. Во избежание образования «мостиков холода» в толще конструкции место крепления дюбеля прокладывается паронитовой прокладкой.

2. Монтаж теплоизоляционных плит

Прокладка слоев теплоизоляции производится снизу вверх на сухую стену. Плиты устанавливаются плотно друг другу с перевязкой швов во избежание возникновения пустот. При невозможности плотного соприкосновения получившиеся пропуски прокладывают тем же теплоизоляционным материалом, что и плиты. Первоначально плиту теплоизоляции крепят двумя дюбелями тарельчатого типа. После этого прокладывают слой ветровлагозащитной пленки с нахлестом 100мм. По окончании гидроизоляционных работ плиты теплоизоляции скрепляются дюбелями с основанием наружной стены согласно проекту. Виды теплоизоляции, применяемой в конструкциях навесных фасадов, должны соответствовать марке НГ.

3. Монтаж направляющих профилей

Установка профилей осуществляется в пределах проектных отметок, их положение относительно плоскости наружной стены проверяется с помощью теодолита, уровня и отвеса. Кроме того, необходимо выполнить мероприятия по антикоррозионной защите в местах крепления профилей.

4. Установка фасонных элементов

Отливы и откосы к оконным и дверным проемам, парапетам и цоколю устанавливаются до монтажа облицовочных плит. Также в оконных и дверных проемах монтируются противопожарные короба.

5. Облицовка фасада

Работы по облицовке являются завершающим этапом монтажа навесного фасада. Материалы, применяемые для облицовки – плиты, панели, кассеты из:

-керамогранита

- натурального камня
- фиброцемента
- металлических и композитных материалов

Основные характеристики системы облицовки – прочность на изгиб и морозостойкость (150 циклов).

Торцы панелей необходимо огрунтовать или окрасить лакокрасочными покрытиями.

Монтаж облицовки производят снизу вверх с минимальной величиной воздушного зазора между плитами 40 мм при этом необходимо проверять зазор на наличие посторонних включений. Для крепления облицовочных плит применяют: кляммеры, заклепки, винты, скобы и шины.

Все крепежные элементы должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов. Тип крепления может быть как открытый, так и скрытый. Для предотвращения возможных вибрации облицовочных плит возможно применение упругих прокладок при монтаже.

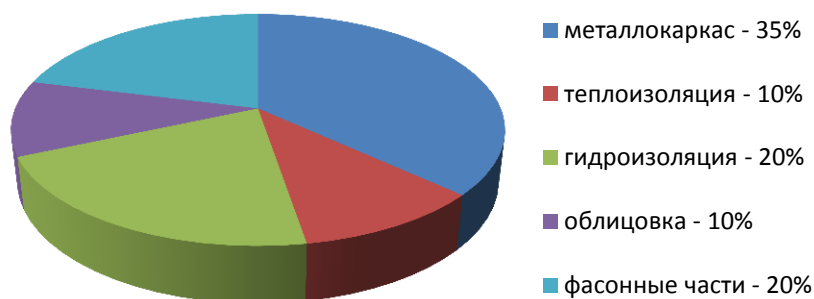


Рисунок 1.17 – Долевое соотношение трудозатрат по отдельным видам работ при монтаже утепленного наружного ограждения

Во время работы по установке навесных фасадов необходимо осуществлять контроль качества производства работ, по окончании которого составляются акты на скрытые работы. При приемке работ особое внимание уделяется проверке мест примыкания, углов, оконных и дверных проемов. При обнаружении дефектов их необходимо устранить до приемки объекта в эксплуатацию.

Монтаж конструкций навесных фасадов должен производиться сертифицированной организацией [40].

Выводы по первому разделу:

1. Анализ применяемых типов фасадных конструкций показал, что на сегодняшний день существует более 20 видов конструктивных схем фасадного ограждения.

2. Наружное утепление различают по:

- конфигурации несущего каркаса
- типу облицовочных материалов
- способам установки внешнего слоя

3. Термическое сопротивление различных компоновок навесных фасадов численно равно и зависит от условий эксплуатации объекта.

4. Технология и установка фасадных элементов проста и понятна, что является одним из основных преимуществ.

5. Применение конструкций навесного типа способствует существенной экономии энергоресурсов: как тепла, так и хладагентов.

2 Исследование технических решений, применяемых при устройстве фасадных систем

2.1 Исследование и оценка конструктивного устройства и узлов крепления навесных фасадов

В соответствии с архитектурными особенностями навесных фасадов разрабатываются специализированные узлы крепления элементов фасадной конструкции, представленные в альбомах технических решений. Конструктивное исполнение узлов, не относящихся к типовым, разрабатывается специально для каждой системы в отдельности. Полученная информация позволяет учесть всю индивидуальность при проектировании и монтаже.

Основные виды креплений в фасадных системах:

- крепление кронштейна к несущему основанию
- провешивание направляющих профилей
- монтаж оконных и дверных откосов
- обрамление внутренних и внешних углов здания
- примыкание цоколя и парапета к стенам здания
- установка противопожарных отсечек

При рассмотрении отдельных способов крепления элементов системы учитывались конструктивные особенности различных типов навесных фасадов.

Закрепление кронштейна на несущую стену

Кронштейн является элементом подблицовочной конструкции, на который в последующем навешивается вертикальный и горизонтальный профили каркаса. Он прикрепляется к несущему ограждению посредством анкерных болтов с прокладкой из паронита между ними, препятствуя возникновению неплотностей в конструкции и образованию «мостиков

холода». Узловое исполнение крепления зависит от типа применяемого кронштейна в системе.

Кроме того, существует два типа опорных деталей: несущий и опорный кронштейны. Различие заключается в нижеследующем – несущий элемент воспринимает нагрузку от собственного веса и ветрового давления, воздействующего на весь период эксплуатации объекта, в то время как опорный – исключительно влияние атмосферных явлений. Благодаря чему направляющий профиль в месте присоединения к опорным деталям способен перемещаться, тем самым компенсируя температурные удлинения материала. Альтернативным способом сохранения устойчивости системы при воздействии на её элементы температурных факторов окружающей среды является распределение разрушающих усилий на кронштейны и участки каркаса между ними – такая модель конструктивного устройства характерна для системы навесных фасадных элементов типа «Краспан».

Существуют крепежи, представленные двумя и более элементами – составные или подвижные. Они позволяют компенсировать неровности на поверхности фасада здания и способны увеличивать свою протяженность при необходимости.

Также особенностью крепления является количество болтовых соединений необходимых для жесткого закрепления фасада, оно подбирается согласно прочностному расчету и проверяется испытаниями на вырыв. Материал изготовления крепежных элементов и металлокаркаса системы является коррозионно – устойчивая сталь.

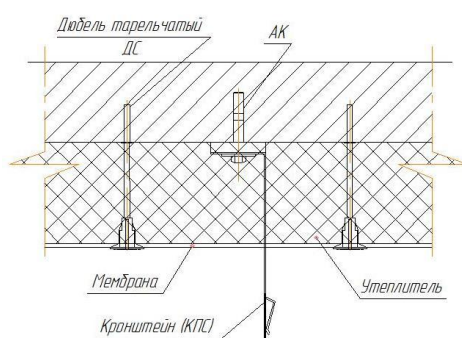


Рисунок 2.1 – Монтаж кронштейна в толще несущего ограждения

Монтаж направляющих профилей при помощи системы опор

Крепление металлокаркаса к кронштейнам осуществляется при помощи заклепок, позволяющих обеспечить жесткую фиксацию профилей между собой, создавая единую структуру. При этом необходимо помнить о возможности вертикального перемещения направляющих в результате температурных деформаций. В связи с этим форма отверстий в опорной конструкции для установки профиля принята продолговатой, как наиболее оптимальная.

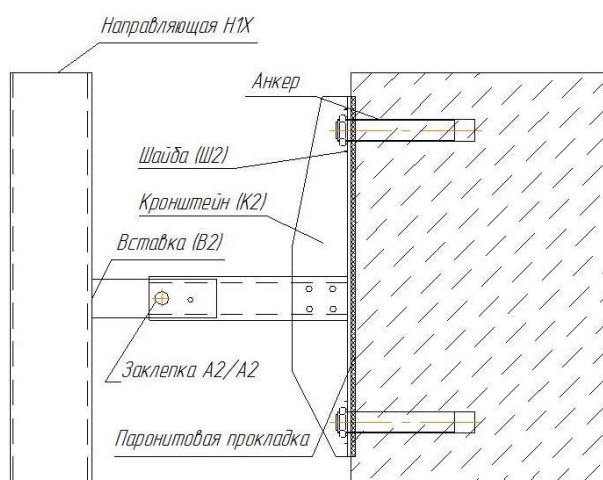


Рисунок 2.2 – Установка профиля металлокаркаса (вид сбоку)

Крепление оконных и дверных откосов

Откос - это элемент обрамления оконных и дверных проемов здания. Плотное прилегание откосных элементов к наружным стенам предотвращает «выхолаживание» помещений. По месторасположению различают откосы: верхние, боковые и нижние (сливы). Они предотвращают попадание атмосферных осадков в толщу ограждающих конструкций в местах примыкания к проемам.

Кроме того, узел верхнего откоса служит элементом противопожарной системы [8]. Полости, образующиеся в местах примыкания откоса и внешней стены здания, используют для установки противопожарных коробов, используемых для предотвращения попадания открытого огня в помещение.

Эксплуатация здания без установки противопожарных коробов запрещена [27].

Короба выполняются из стальных профилированных листов, соединенных стальными метизами между собой, толщина материала 0,55 мм, шаг крепления к основанию ограждения - 400 мм вдоль верхних откосов и не более 600 мм – для боковых. В образующуюся внутреннюю полость между листами укладывается минеральная вата [28].

Существует два типа исполнения коробов: открытый с бортиками и скрытый. При первом способе монтажа бортики короба выходят за лицевую облицовку фасада, предотвращая проникновение огня в толщу фасадного ограждения из проема, во втором – элементы короба выполнены без бортов, поэтому с наружной стороны устанавливается дополнительная облицовочная поверхность [21]. Вариант открытого монтажа считается наиболее безопасным и чем больше ширина выступа противопожарного элемента, тем ниже риск возгорания навесной конструкции.

Также над верхней частью проема устанавливается противопожарная пластина, выполненная из антикоррозионного материала и соединяющая смежные вертикальные направляющие металлокаркаса. Геометрические размеры пластины: ширина – не менее 150 мм, толщина материала пластины – не менее 0,5 мм, длина на 0,6 м превышает протяженность откоса (по 0,3 м с каждой стороны) для крепления к конструкции каркаса.

Однако при монтаже сливов и откосов необходимо помнить о постоянной циркуляции воздуха в толще навесного ограждения во избежание образования конденсата на утепляющем слое.

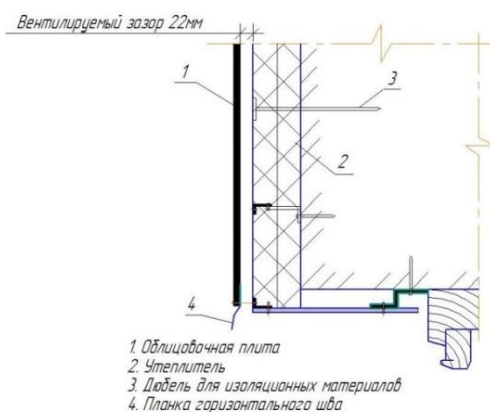


Рисунок 2.3 – Узел примыкания навесного фасада к оконному проему

Обрамление внутренних и внешних углов здания

Для оформления внутренних и внешних углов зданий (их правильной геометрии) применяют доборные направляющие и специальные угловые стойки, обеспечивающие плотное примыкание смежных облицовочных панелей друг к другу. При монтаже угловых обрамлений необходимо оставлять зазор для компенсации температурных расширений, ширина зазора в среднем составляет 10 мм. Для обеспечения соосности смежных элементов конструкций возможно применение стальных накладок, предусмотряемых проектом.

При использовании в качестве облицовочных изделий алюминиевые панели кассетного типа для повышения пожаробезопасности системы во внутренние углы здания дополнительно монтируют противопожарные пластины.

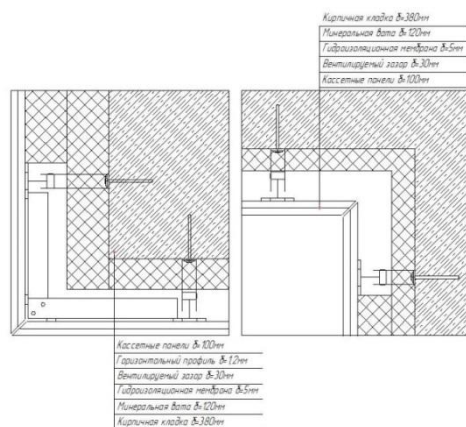


Рисунок 2.4 – Устройство углов зданий

Примыкание цоколя и парапета к стенам

Парапет - верхняя часть наружной стены, соседствующая с мауэрлатом кровли, цоколь - нижняя часть стены здания, граничащая с подвалом или техподпольем.

Особенностью монтажа навесных фасадов в местах стыковки наружных стен с элементами кровли и подвальными помещениями является конструирование отверстий (продухов) для организации естественной приточно - вытяжной вентиляции. Геометрические размеры вентиляционных отверстий определяются теплотехническим расчетом, исходя из поэлементного состава стен.

Основное требование при установке примыканий – организация воздушного зазора в конструкции навесного фасада. Поэтому при монтаже цокольного узла необходимо использовать перфорированный металлический нащельник для создания естественной тяги воздуха.

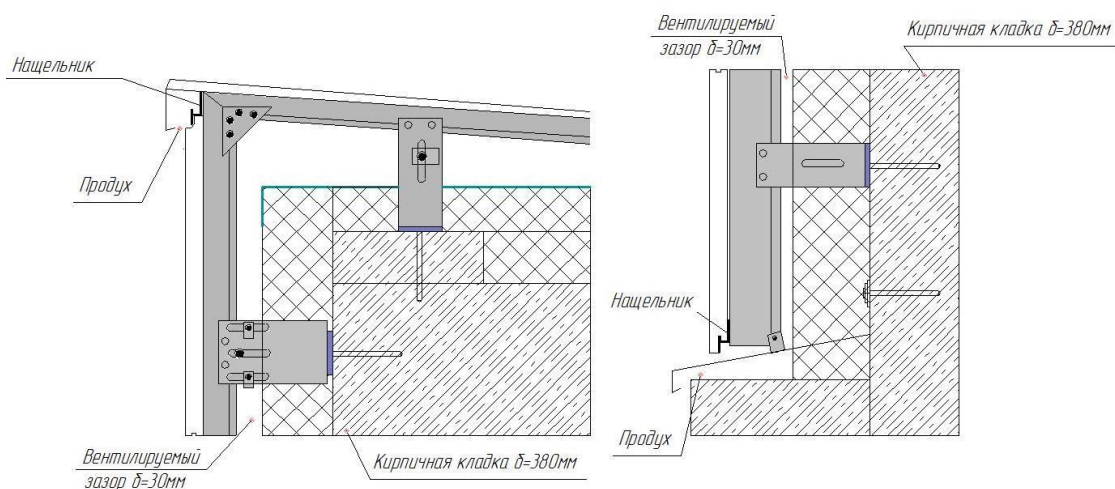


Рисунок 2.5 – Установка примыканий к парапету и цоколю зданий

Монтаж противопожарных отсеков

Пожарная отсечка – оцинкованная перфорированная металлическая пластина, закрепляемая по всему периметру воздушного зазора вентилируемого фасада и препятствующая распространению огня в нем. Устанавливаются отсекающие устройства с определенным шагом по высоте

и крепятся только к несущим ограждающим конструкциям при помощи заклепок. Длина отсечки может равняться ширине конструкции НФС или соответствовать расстоянию от ограждающей конструкции до металлокаркаса. Диаметр и количество отверстий перфорации определяется по расчету требуемого воздухообмена системы наружного утепления.

Кроме того, противопожарные устройства могут быть представлены в виде двух пластин, закрепленных на наружной стене здания перехлестно с шагом 10 мм между собой.

В связи с агрессивными условиями рабочей среды противопожарного узла материалам, применяемым в данной конструкции, предъявляются повышенные требования, а именно: элементы крепежа отсекающего устройства должны иметь предел огнестойкости не меньше материала отсечки [36].

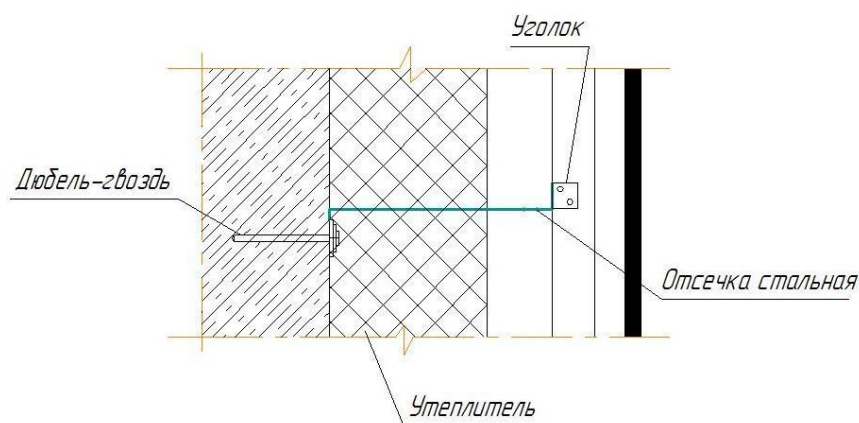


Рисунок 2.6 – Устройство противопожарных отсечек

Также было проанализировано применение различных видов метиз и проведена оценка технико – технологических решений, применяемых при монтаже навесного вентилируемого фасада.

Применение фасадных саморезов

Это самый распространенный и доступный способ крепления утепленного ограждения. Материал изготовления такого крепежа – нержавеющая сталь – вне зависимости от материала металлокаркаса (оцинкованная сталь или алюминий).

Этот факт при установке фасада очень важен, так как к системе предъявляются повышенные требования по надежности, а использование оцинкованных метизов ведет к разрушению системы вследствие коррозии.

Монтаж изделий производится при температуре наружного воздуха не ниже минус 20°C. Это связано с ограничениями условий труда рабочих на открытом воздухе.

Недостатком применения саморезов является ослабление затяжки или его полное выкручивание из системы металлокаркаса из-за действия вибрации в условиях городской среды.

В среднем расход метизов на ветвь металлокаркаса составляет восемь штук, на 1 м² – четыре или пять элементов.

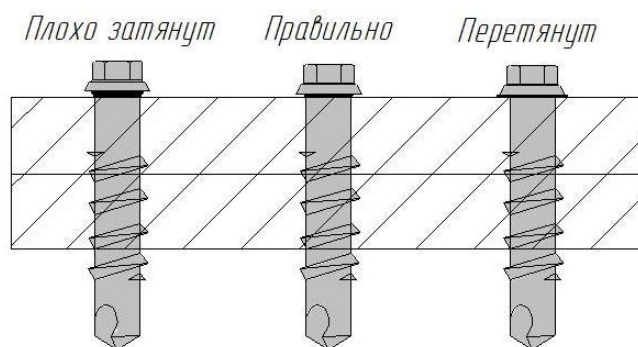


Рисунок 2.7 – Правильность установки саморезов

Использование заклепочных устройств

Заклепка – крепежный элемент, применяемый при устройстве системы навесного вентилируемого фасада. Она отличается повышенной прочностью и надежностью по сравнению с саморезом и состоит из двух частей: заклепка (гильза) и втулка (сердечник, выполненный из нержавеющей стали).

Существует два типа заклепочных элементов:

- с выступающим бортиком
- с увеличенным выступающим бортиком

Второй типоразмер крепления используется для систем обладающих большим весом, облицованных с применением фиброцементных или асбестоцементных плит. Ширина борта метиза составляет порядка 14 мм, а

для установки металлокаркаса - заклепки изготавливают из алюминия или нержавеющей стали с бортом шириной 12 мм.

Последовательность установки заключается в следующем: тело заклепки устанавливается между деталями, соединяемыми между собой, с помощью заклепочника (инструмента по работе с заклепками), сердечник протягивается через тело заклепки и при достижении необходимого тягового усилия обламывается. Результат - надежное соединение с длительным сроком эксплуатации.

Классификация заклепочного крепежа по материалу изготовления:

- алюминий – нержавеющая сталь
- нержавеющая сталь – нержавеющая сталь

При устройстве металлокаркаса из оцинкованной стали и кляммеров для крепления облицовочных плит используют крепежные элементы, изготовленные из нержавеющей стали. Сочетание алюминия и нержавеющей стали в крепежных изделиях используется для работы с каркасной системой, выполненной из алюминия. Для производства качественного и долговечного монтажа необходимо руководствоваться альбомами технических решений при подборе материалов навесного утепления.

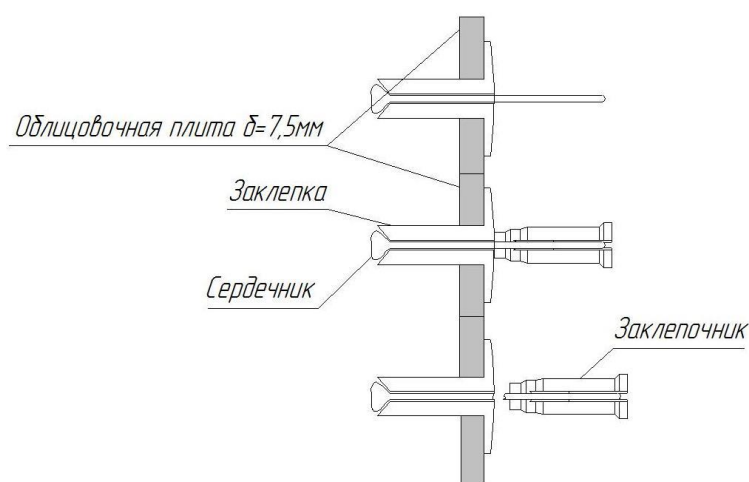


Рисунок 2.8 – Последовательность выполнения заклепочного соединения

Установка анкерных (фасадных) дюбелей

Фасадный дюбель несколько отличается от обычного конструкцией и типоразмером. Толщина применяемого крепежа составляет от 12 до 14 мм. Кроме того, он не должен быть хрупким и мягким. Материал изготовления крепежа – нержавеющая сталь или металлы с антикоррозионным покрытием в связи с суровыми условиями эксплуатации. Диаметр элемента – от 10 до 12 мм, длина – от 60 до 160 мм в зависимости от толщины и материала наружной стены. При подборе анкерных устройств необходимо руководствоваться правилом: чем больше расчетная нагрузка, тем толще шуруп в дюбеле.

Также обязательным условием при выборе крепежных элементов являются испытания на разрыв. Они проводятся на строительной площадке в условиях близких к эксплуатационным. При выборе крепежа необходимо учитывать материал ограждения, тип и толщину теплоизоляции, высоту объекта строительства и климатические условия эксплуатации.

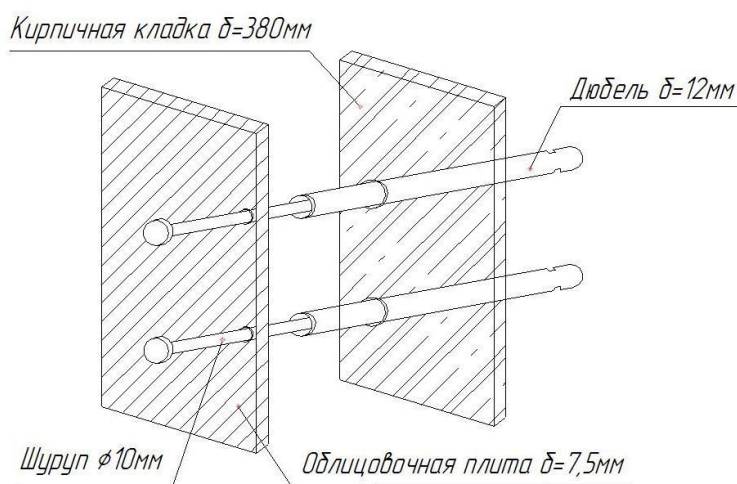


Рисунок 2.9 – Схема установки анкерного дюбеля

Устройство анкеров под кронштейны

Упоры кронштейнов крепятся к несущей стене с помощью анкеров двух типов: химического и распорного.

Отличительными особенностями анкерного болта химического типа являются: повышенная устойчивость к коррозии и адгезия к клеевому составу, применяемому в качестве крепежа. После высверливания отверстий под анкера они заполняются двухкомпонентным клеем и устанавливаются шпильки анкера. После застывания смеси образуется прочное соединение устойчивое к вырыванию. Кроме того, применение химического крепежного элемента позволяет замонолитить стену в месте его крепления.

Распорный анкер представляет собой болт, установленный в гильзе из нержавеющей стали с резьбовым соединением на конце и распорной частью посередине. При его ввинчивании распорная часть деформируется (расширяется), благодаря чему он прочно закрепляется в толще ограждения. При демонтаже элемента уширение уменьшается, и анкер приобретает первоначальный вид. Такой способ крепления используется для ограждающих конструкций, выполненных из пенобетона.



Рисунок 2.10 – Закрепление химического анкера (вид сбоку)

Монтаж теплоизоляционных дюбелей

Для установки утепляющего слоя в конструкции металлокаркаса используют тарельчатые дюбельные элементы (зонтики). Материал крепежа – полиамид для гильзы, устанавливаемой в толще ограждения, и углеродистая сталь с антикоррозионным покрытием для распорного элемента крепления.

Данные изделия должны быть устойчивы к агрессивному воздействию окружающей среды (в том числе перепаду температур от минус 40 до плюс 80°С) и механическим деформациям.

Крепление метизов производится аналогично работам по монтажу дюбелей металлокаркаса.

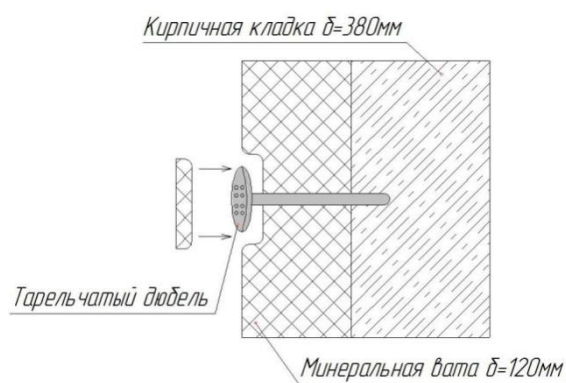


Рисунок 2.11 – Устройство тарельчатых креплений

Применение болтов скрытой установки

Данный тип крепежных элементов применяется для установки облицовочных плит на металлокаркас. В зависимости от материала облицовки используют два типа крепления: Keil и DuroPT.

Отличительной особенностью монтажных работ Keil – анкеров является выполнение отверстия трапециевидной формы, имеющего уширение к низу. Однако для его изготовления необходимо наличие специализированного оборудования. Поэтому такой тип монтажа не получил широкого распространения из – за дороговизны производства работ. Однако Keil – болты способны выдержать тяжеловесные фасады, выполненные из керамогранита, натурального камня и фиброцементных плит.

Болтовое соединение DuroPT не требует особых затрат на изготовление метизов (материал – устойчивые к коррозии стали) и производство монтажных работ, поэтому повсеместно применяется для установки навесных фасадных конструкций с воздушным зазором из пластика и полимерных плит.

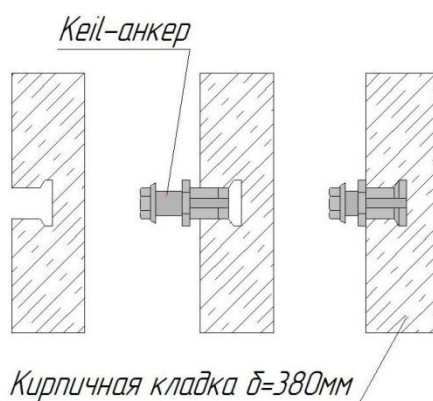


Рисунок 2.12 – Монтаж Keil – анкеров

Оценка конструктивного устройства и узлов крепления утепленных фасадов показала, что общим и существенным недостатком всех систем навесного утепления является несовершенство элементов крепления парогидроизоляционного слоя. В связи с этим при производстве работ, а также при дальнейшей эксплуатации объектов существует вероятность раскрепления мест стыка слоев и создание условий естественного переувлажнения утеплителя, что ведет к снижению его теплоизолирующих свойств и преждевременному разрушению (рисунок 2.13).



Рисунок 2.13 – Причины снижения теплоизолирующих свойств навесных фасадных систем

2.2 Исследование и оценка материалов, применяемых в конструкциях НФС для гражданских зданий

2.2.1 Материалы для теплоизоляции

Утепляющий слой, входящий в состав конструкции навесного вентилируемого фасада, влияет на её теплотехнические свойства, поэтому к подбору материалов утепления необходимо подходить достаточно скурпулезно.

Основное требование, предъявляемое к утеплителю - сохранение тепла внутри помещения и хорошая проводимость водяных паров из него.

К сожалению, не все материалы обладают такими свойствами, например - жестко – структурированный и экструзионный пенополистиролы (ЭППС) отличаются низкой гигроскопичностью, поэтому применяются при наружном утеплении достаточно редко (20% от общего объема навесных конструкций).

Наличие замкнутой ячеистой структуры вызвано технологией производства материалов. Пенополистирол образуется в результате вспенивания гранул и их обработки горячим водяным паром. При циклическом повторении – плотность гранул полистирола снижается, образуется плотная и целостная структура. Полученную массу просушивают на открытом воздухе. С удалением влаги из пор материала, он окончательно структурируется. Наличие ячеистой структуры материала снизило теплообмен с окружающей средой, поэтому теплопроводность утеплителя составляет 0,033-0,036 Вт/м·°С.

В состав ЭППС входят полистирол и сополимеры стирола. Гранулы стирола заполняются газом (природным или углекислым – для получения огнеупорного материала) и растворяются в полимерной массе, после чего полученная смесь нагревается при помощи пара, гранулы увеличиваются в размерах и спекаются в единую массу. Теплотехнические свойства

получаемого материала составляют 0,035-0,038 Вт/м·°С. Для повышения технико – технологических характеристик в состав утеплителя добавляют антипирены, пластификаторы и различные красители.

Кроме того, вспененные утеплители легко воспламеняются, не смотря на попытки производителей совершенствовать состав, добавляя различные противопожарные добавки. При их горении выделяется едкий и токсичный дым.

Также теплоизолирующий материал легко разрушается под воздействием прямых солнечных лучей, поэтому оставлять его длительное время на открытом воздухе без защитного слоя не рекомендуется.

К достоинствам пенопластовых утеплителей можно отнести: прочность, легкость в монтаже, хорошую звукоизоляцию и доступную цену. При работе и последующей эксплуатации не выделяется токсичных соединений, губительных для человека. Срок службы составляет около 50 лет при их эксплуатации в нормальных условиях.

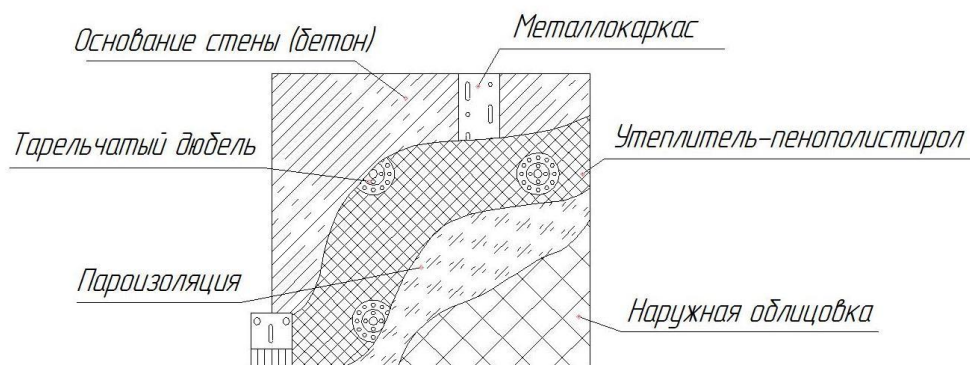


Рисунок 2.14 – Применение пенополистирола при утеплении наружных стен

Самый распространенный тип теплоизоляции, используемый в навесных фасадных конструкциях - минеральная вата (80% от общего числа всех монтируемых фасадов). Она производится из природных материалов, таких как базальт или шлак, путем их предварительного прогрева до температуры 1500 - 2000°С. Получившиеся волокна спрессовывают, образуя сплошную структуру. В связи с этим полученный утеплитель обладает

низкой теплопроводностью около 0,038-0,045 Вт/м·°С, что является его отличительной характеристикой [41].

Кроме того, теплоизолятор обеспечивает хорошую звукоизоляцию, что позволяет использовать его в зданиях с повышенными требованиями по уровню шума и вибрации. Утепляющий материал, изготовленный из минеральной ваты не горюч, не подвержен вредному воздействию грызунов и микроорганизмов за счет применения в их составе природных компонентов. Срок службы материала на практике составляет около 10 - 20 лет, хотя производители его искусственно завышают.

Недостатком данного утеплителя является повышенная паро – и влагопроницаемость. Накапливаясь, вода в порах материала разрушает его структуру и ухудшает его теплотехнические свойства.

Толщина утепляющего слоя из минеральной ваты представлена двумя типоразмерами 50 и 100 мм, однако возможно применение двухслойного утепления разной плотности по заданию на проектирование, причем удельный вес верхнего слоя должен быть больше нижнего.

Наряду с минераловатным теплоизолирующим материалом также используют: базальтовую вату или стекловату. Но необходимо учесть, что базальт – материал дорогостоящий по сравнению с другими утеплителями, поэтому редко применяется в РФ, а стекловолокно дает усадку после нескольких лет эксплуатации и требует повышенного внимания при монтажных работах из – за хрупкости и осыпаемости.

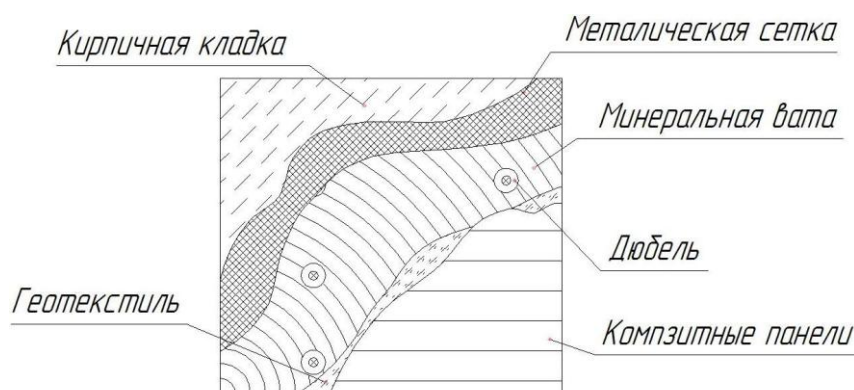


Рисунок 2.15 – Минераловатный утеплитель при монтаже систем НФС

Одной из новейших разработок в сфере теплоизоляции последних лет является PIR-плита. Она представляет собой вспененный полиизоцианурат, материал схожий по составу и свойствам с привычным пенопластом и его производными, отличительной особенностью которого является применение специальных веществ (наполнителей) при его изготовлении.

Основные технические характеристики: жесткая вспененная ячеистая структура, размер изолированных ячеек которой составляет несколько микрометров, в результате чего плотность материала не превышает 45 - 60 кг/м³.

Основным компонентом для производства PIR-плит является метилendifенилдиизоцианат, который при воздействии высоких температур и добавлении вспенивающих веществ, превращается в твердый и прочный ячеистый полимер.

За счет плотной и однородной структуры полиизоцианурат обладает повышенной прочностью на сжатие и наименьшей теплопроводностью среди искусственных утеплителей равной 0,02 Вт/м·°С. Кроме того, данный материал пожаробезопасен, при воздействии открытого огня на его поверхности образуется углеродная корка, препятствующая дальнейшему его распространению.

PIR-плита не впитывает влагу. Поэтому при монтаже теплоизолятора не требуется дополнительных затрат на паро – и гидроизоляцию. Плотно закрытые поры материала препятствуют возникновению конденсата внутри плиты. Срок службы материала, по словам производителей, составляет не менее 50 лет. Однако из-за высокой стоимости производства данного типа утеплителя, он пока не нашел широкого применения в массовом строительстве в РФ.



Рисунок 2.16 – PIR – плита, как утеплитель навесного фасада

Результаты проведенного анализа теплотехнических характеристик теплоизолирующих материалов согласно нормативной документации [24], представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Теплотехнические характеристики утеплителей

Материал утеплителя	Минеральная вата	Пенополистирол	Пенополистирол экструзионный (ЭПС)	Полиизоцианурат (PIR плита)
Плотность, кг/м ³	50-125	10-38	25-45	30-50
Толщина, мм	50-200	40-140	20-150	50-100
Удельная теплоемкость, кДж/кг·°С	0,84	1,34	1,34	1,29
Теплопроводность, Вт/м·°С	0,038-0,045	0,036-0,041	0,029-0,03	0,02-0,024
Влажность, %	5	10	2	2
Теплоусвоение, Вт/м ² ·°С	0,31-0,35	0,38-0,45	0,35-0,36	0,37-0,4
Паропроницаемость, мг/м·ч·Па	0,37	0,05	0,005	0,002
Группа горючести	НГ	Г3-Г4	Г3	Г1-Г3
Стоимость 1м ² , руб.	350-580	100-900	1044,87-5145	6000-10000

2.2.2 Гидроизоляция фасада

Материалом, препятствующим проникновению влаги в толщу ограждения, является ветро-влагозащитная мембрана. Она предохраняет

нижележащие элементы от воздействия атмосферных осадков и снижает ветровую нагрузку, при этом отводя пар и влагу из помещения во избежание отмокания утеплителя. Показатель паропроницаемости этого слоя должен быть не менее 1200 мг/м·ч·Па.

К наиболее применяемым материалам гидро – и ветрозащиты в системах фасадного типа относятся: высокодиффузионная мембрана и геотекстиль.

Мембрана представляет собой трехслойную синтетическую пленку из полипропилена, способную регулировать диффузионный процесс. Слои в ней соединяются с помощью ультразвука, что позволяет получить материал с высокими прочностными характеристиками. Она экологически безопасна, устойчива к воздействию микроорганизмов, не горюча, температурный диапазон её применения – от минус 60 до плюс 60°С. Долговечность изолирующего слоя составляет около 10 – 15 лет.

Обязательное условие при монтаже – укладка пароизоляционного материала производится только сверху вниз шероховатой стороной вовнутрь с наложением полотнищ друг на друга шириной не менее 50 см.

Строительный геотекстиль – искусственное полотно из полимерных материалов, образующееся в результате сплетения нитей полиэфира под разными углами.

К достоинствам этого материала можно отнести следующее:

- устойчивость к перепаду температур
- отсутствие коррозии
- неподверженность к влиянию агрессивных сред и микроорганизмов
- негорючесть
- доступная стоимость
- наличие армирующих свойств

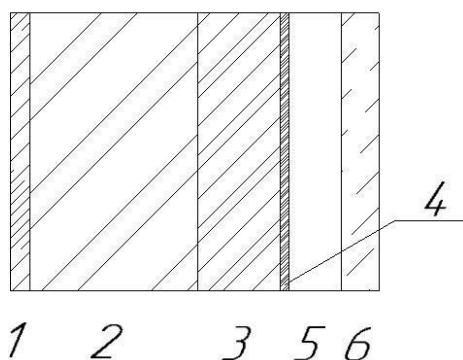
Самый распространенный вид влагозащиты, применяемый в конструкциях НФС - каландрированный геотекстиль. Он производится путем

соединения волокон при помощи высокотемпературной среды, что придает ему высокие прочностные характеристики.

К недостаткам вышеперечисленных материалов относятся:

- разрушение под действием прямых солнечных лучей
- низкая прочность при растяжении
- горючесть (для мембран)

В настоящее время все большую популярность приобретает двухкомпонентная битумно – полимерная мастика (жидкая резина) в качестве влагоудерживающего материала. Она представляет собой смесь из битума и полимеров, объединенных эмульсией хлористого кальция. В результате химических реакций образуется прочное соединение, препятствующее проникновению влаги в толщу ограждения, но при этом позволяющее наружным стенам «дышать».



1 - известково-песчаный раствор, 2 - кирпичная кладка, 3 - минеральная вата,
4 - жидкая резина, 5 - воздушная прослойка, 6 - керамогранит
Рисунок 2.17– Состав навесного ограждения с полимерным гидроизолятором

Резина обладает следующими положительными характеристиками:

- высокие адгезионные свойства – материал можно наносить на любые поверхности: от бетона до различных пород древесины
- устойчивость к перепадам температур и другим атмосферным явлениям без изменения своих свойств
- получение целостного слоя при нанесении
- возможность устранения небольших дефектов при напылении на поверхность

- получение дополнительной антикоррозионной защиты при нанесении на металлокаркас

- экономичный расход – по оценкам экспертов слой жидкой резины толщиной 2 мм способен заменить 4 слоя рулонных материалов

- высокие показатели эластичности покрытия, исключаящие его деформацию

- пожаробезопасность – применение хлористой эмульсии на водной основе

- вязкость материала – возможность использования для объектов сложной архитектурной формы

- экологичность

- увеличение показателя прочности с течением времени

Недостатками битумно-латексного состава являются:

- сложность нанесения – необходимо специальное оборудование

- высокая рыночная стоимость

Последнее в свою очередь компенсируется длительным сроком эксплуатации – более 50 лет.

Кроме того, при работе с резиновой гидроизоляцией не следует применять вещества, в состав которых входят растворители, так как они разрушают структуру полимеров.

Ниже (таблица 2.2) приведены результаты сравнительной оценки основных характеристик рулонных гидроизоляционных материалов и бесшовной двухкомпонентной мастики холодного напыления.

Таблица 2.2 – Анализ технических характеристик гидроизоляции рулонного и напыляемого типов

Наименование характеристики	Рулонная гидроизоляция	Напыляемая жидкая резина
Удаление старого покрытия	Необходимо	Не требуется
Очистка поверхности	Необходимо	Не требуется
Выполнение усадочных и температурных швов на поверхности	Необходимо	Не требуется
Предварительная разметка материала	Необходимо	Не требуется
Использование открытого огня при монтаже	Необходимо	Не требуется

Продолжение таблицы 2.2

Наименование характеристики	Рулонная гидроизоляция	Напыляемая жидкая резина
Предварительный прогрев поверхности и материала перед нанесением	Необходимо	Не требуется
Пожароопасность	Г1-Г3	НГ
Токсичность при горении	Т1-Т4	НТ
Масса элемента конструкции на 1м ² , кг	10-12	3-6
Самовосстановление покрытия	-	Возможно
Эластичность покрытия при t>0°C окружающего воздуха, %	8-10	До 100
Эластичность покрытия при t<0°C окружающего воздуха, %	-	Сохраняется
Наличие стыков и швов	Есть	-
Образование пузырей при монтаже	Возможно	-
Тип защищаемой поверхности	Прямая плоскость	Любая конфигурация
Адгезия с поверхностью	около 5-10%	100%
Защита от прямого воздействия солнечных лучей	Обязательно необходим наружный защитный слой	-
Способность к растяжению	15%	100%
Условия эксплуатации	-25°C - +55°C	-50°C - +95°C
Текущий ремонт	2-3 года	-
Капитальный ремонт	5-7 лет	50 лет

2.2.3 Воздушная прослойка как элемент системы НФС

Беспрепятственная циркуляция воздуха в вентилируемых фасадах обеспечивается благодаря созданию воздушной прослойки (вентзазора). Её геометрические параметры позволяют получить надежную гидро – и теплоизоляцию фасадных систем в зависимости от условий их эксплуатации. Для определения требуемой толщины вентиляционного зазора применяют специальную методику расчета, учитывающую температурный режим помещения, погодные условия, скорость перемещения воздушных масс. Оптимальной шириной данного элемента конструкции считается величина равная около 30 – 50 мм.

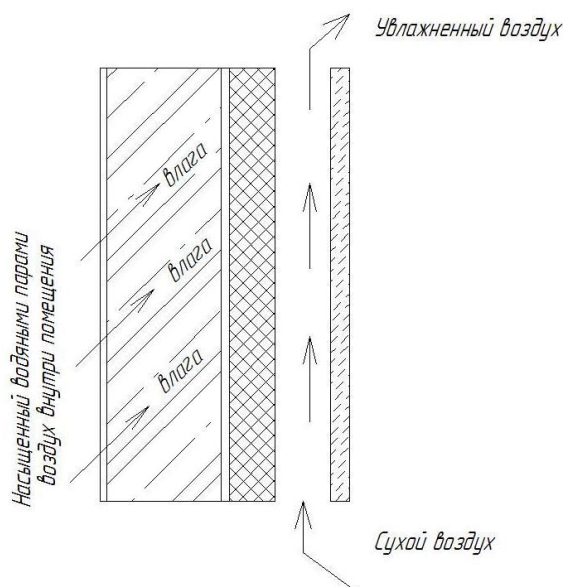


Рисунок 2.18 – Назначение вентилируемого зазора

Для получения расчетного теплозащитного эффекта необходимо, чтобы воздух, проходящий в толще навесного ограждения, двигался с некоторым сопротивлением (отбортовки облицовочных панелей, противопожарные отсекки). Это позволит обеспечить более полный сьем влаги с конструкций ограждения.

Однако необходимо помнить, что при несоблюдении требований по устройству вентзазоров [38] возможна потеря теплоизоляционных свойств материала, вплоть до его полного разрушения. Например – при небольшом зазоре между элементами возможно плотное крепление утепляющего слоя к облицовочному, что вызывает намокание первого, а при слишком большой ширине - есть возможность появления шума в конструкции при сильных порывах ветра.

При подборе геометрических параметров воздушной прослойки необходимо учитывать климатические и геодезические условия региона, где расположен объект. Например – при тропическом и субтропическом климате содержание водяных паров воздухе высокое, порядка $70 - 75 \text{ г/м}^3$, а скорость высушивания теплоизоляции на открытом воздухе достаточно низкая, поэтому ширина зазора должна быть в среднем 80 мм.

В горных районах, где воздух сильно разрежен, устройство вентилируемых фасадов не рекомендуется, так как скорость движения воздушных масс очень мала и объем удаляемой влаги из толщи ограждения естественным путем не велик.

При этом в регионах с холодным климатом необходимо учитывать при проектировании фасадных систем, что часть осадков выпадает в виде снега, ущерб конструкции от которого меньше, чем от косого дождя.

Кроме удаления избыточных водяных паров с поверхности теплоизолятора, вентилируемый зазор выполняет ещё несколько важных функций:

- способствует отводу дождевой воды, благодаря дренажному каналу, образуемому в результате работ по монтажу навесных фасадов,
- снижает ветровую нагрузку на ограждающие конструкции путем выравнивания давлений между наружной и внутренней стенкой облицовки,
- создает дополнительный теплоизоляционный слой, позволяя сохранить тепло внутри помещения,
- позволяет удалять конденсационную влагу естественным путем с внутреннего слоя наружного ограждения.

2.2.4 Облицовочные материалы

Заключительным элементом фасадной отделки наружной стены является облицовочный слой. К основным его функциям относятся не только создание приятного глазу эстетичного внешнего вида, но и защита предшествующих ему конструкций (теплоизолирующего слоя, металлокаркаса).

При выборе материала для облицовки руководствуются типом здания и условиями его эксплуатации. Например – панели крупного размера не следует использовать в зданиях повышенной этажности вследствие большой ветровой нагрузки.

На диаграмме ниже представлены результаты анализа рынка облицовочных материалов, применяемых в ограждениях навесного типа.

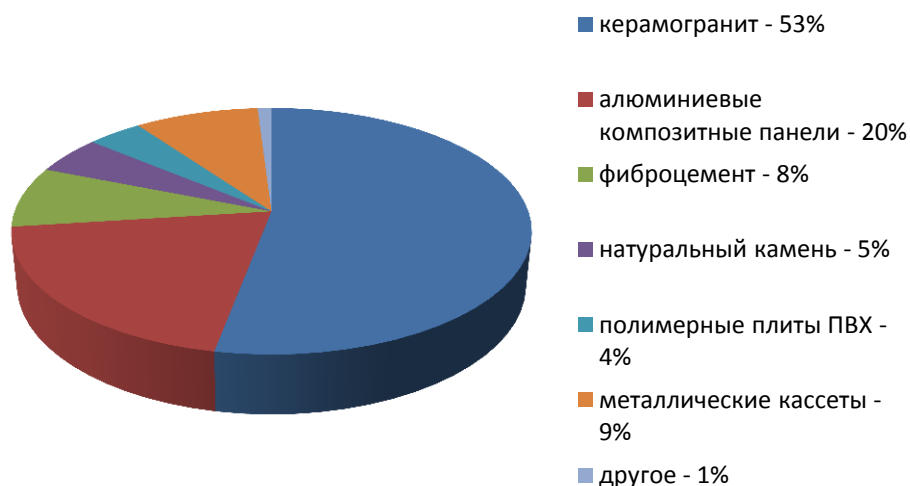


Рисунок 2.19 – Долевое соотношение применяемых отделочных материалов для навесных фасадных систем

К наиболее распространенным типам наружного обрамления, как видно из рисунка 2.19 относятся: керамогранит, фиброцемент, полимерные материалы, алюминиевые (композитные) панели и металлические кассеты.

Первоначально в качестве облицовки применяли природные материалы такие, как: мрамор, гранит, базальт. Они отличаются высокой прочностью и износостойкостью.

Однако общим недостатком применения таких изделий в качестве внешнего слоя фасадной конструкции является достаточно высокая стоимость изделий и их тяжеловесность [31].

Еще одним видом внешнего оформления наружного ограждения является керамогранит. Его получают спеканием глины, полевого шпата, кварцевого песка и красящих пигментов с последующим обжигом при температуре 1200°C. Одним из основных достоинств облицовки данным материалом являются его повышенные прочностные характеристики, порой превосходящие натуральные изделия при несколько меньшем весе. Поэтому часто такие плиты используют при оформлении нижних уровней стен или цоколя. Он обладает хорошими звукоизоляционными свойствами,

экологичен, пожаробезопасен, устойчив к нагрузкам, ремонтпригоден и дешев. Кроме того, фасад из плит керамогранита можно монтировать в любых погодных условиях с высокой производительностью труда.

Существенным недостатком данного материала является его массивность. Этот фактор сказывается на усилении каркасной системы и фундамента здания.

Фиброцемент – отделочный материал, имитирующий камень, нередко применяется в конструкциях навесного типа. Изготавливается из цемента и природных наполнителей волокнистой структуры, что придает отделке высокую прочность на изгиб. Отделочные плиты обладают хорошими звуко- и теплоизоляционными характеристиками, стойки к биологическому и атмосферному воздействию, экологичны и пожаробезопасны.

Особенность применения такого материала – крепежная система с применением кляммеров, выполненная открытым способом.

Альтернативой материалам природного происхождения при облицовке зданий и сооружений являются полимерные панели из поливинилхлорида (ПВХ). Изделия из ПВХ получают путем полимеризации продуктов нефтехимического производства и хлорида натрия при высоких температурах. Поэтому процесс их производства достаточно трудоемок и высокотехнологичен.

Фасады из полимерных плит отличаются долговечностью, водонепроницаемостью, малым весом и легкостью в обработке. Это способствует ускорению производства монтажных работ.

Существенным недостатком данного материала является хрупкость при низких температурах окружающего воздуха. В связи с этим для повышения прочности и морозостойкости панелей при производстве используют минеральный наполнитель или стекловолокно в качестве армирующего слоя.

При производстве облицовочных работ также применяют алюминиевые (композитные) панели. Это легкий, пластичный, прочный, шумоизолирующий, устойчивый к ультрафиолетовому свету материал,

способный выдерживать резкие температурные перепады от минус 58 до плюс 80°C. Кроме того, данные изделия отвечают всем требованиям по пожаробезопасности: они трудно воспламеняемые, слабогорючи (Г3 - Г4), деформируются при температуре свыше 115°C и при горении количество выделяемых токсических веществ незначительно.

Однако применение алюминиевых (композитных) материалов в качестве наружной облицовки имеет ряд существенных недостатков. Из-за небольшой толщины панели при монтаже возможно появление коррозии при нарушении окрасочного слоя, а также образование вмятин и царапин на её поверхности.

Также в качестве облицовочных изделий используются:

- ЛВД – панели (HLP) – изготавливаются прессованием под высоким давлением из бумаги, смол и древесного волокна. Отличаются малым весом, стойкостью к ультрафиолетовому свету, открытому огню и атмосферным осадкам. Материал не нашел широкого применения в России из-за высокой стоимости изделий;

- Линейные панели – особый тип металлических изделий, представляющий собой кассету, устанавливаемую на металлокаркас. Материал химо- и биостокий, легкий с прочным креплением между элементами фасада;

- Стекло – ударопрочное, армированное, заламинированное или затонированное. Позволяет обеспечить максимальную инсоляцию внутри помещений. Однако стекольные изделия отличаются дороговизной и сложностью монтажных работ;

- Солнечные панели – редко встречающийся и один из самых дорогих типов облицовки зданий, выполненный в виде электронной системы и служащий альтернативным источником получения электроэнергии.

Выводы по второму разделу:

1. Основной причиной потери теплотехнических характеристик конструкции навесного фасадного утепления является раскрепление гидроизоляционного слоя, что способствует естественному переувлажнению теплоизоляции и её последующему разрушению.

2. Минераловатный утеплитель соответствует всем необходимым требованиям, предъявляемым к теплоизолирующим материалам, при этом обладая доступной ценой.

3. Технические характеристики жидкой резины позволяют использовать её в качестве гидроизоляционного слоя в навесной ограждающей конструкции.

4. Наличие воздушной прослойки – обязательное условие для правильной работы и повышения срока службы вентилируемого ограждения.

5. Выбор облицовочных изделий необходимо осуществлять с учетом типа здания, его этажности и условий эксплуатации.

3 Разработка технико – технологических решений по устройству навесных фасадных систем

3.1 Предложения по совершенствованию конструктивного устройства НФС

Детальный анализ элементов, входящих в конструкцию фасада навесного типа, показал, что одной из причин потери тепла является несовершенство элементов крепления парогидроизоляционного слоя, а также низкая износоустойчивость изоляции.

При применении пароизоляции рулонного типа (геотекстиль или мембрана) монтаж полотнищ необходимо производить внахлест с использованием большого количества метиз, что повышает затраты на устройство наружного утепления. Кроме того, при некачественном производстве монтажных работ места стыка слоев раскрепляются, что способствует снижению теплотехнических характеристик теплоизолятора и его преждевременному разрушению.

Поэтому для улучшения технических характеристик и снижения эксплуатационных затрат навесных фасадов предлагается заменить материал гидроизоляционного слоя: с традиционного геотекстиля (Изоспан), на инновационный – двухкомпонентную битумно – полимерную мастику – жидкую резину (Приложение А).

Обладая рядом существенных преимуществ в монтаже, резина также имеет высокие теплотехнические характеристики, предотвращая проникновение тепловых потоков из помещений на улицу.

Для подтверждения вышесказанного был проведен сравнительный анализ конструкций фасадов навесного типа – выполнены основные тепловлажностные расчеты и построены графики распределения температуры в толще ограждающей конструкции с применением рулонных гидроизоляторов и битумно – полимерных мастик.

Объектом исследования являлось административное здание высотой в 3 этажа, расположенное в г.о.Тольятти, на пересечении улиц 70 лет Октября и Льва Яшина.

Параметры наружного воздуха принятые для расчета [37]:

$t_n = \text{минус } 30^\circ\text{C}$ - температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки при обеспеченности 0,92

$t_{от} = \text{минус } 5,2^\circ\text{C}$ - средняя температура периода с температурой наружного воздуха меньше плюс 8°C

$z_{от} = 203$ суток - количество дней со среднесуточной температурой наружного воздуха меньше плюс 8°C

$u_n = 4$ м/с - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь

$\phi_n = 84\%$ - средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца

Условия эксплуатации конструкции – Б [35].

Условия внутреннего микроклимата в помещении [9]:

$t_b = \text{плюс } 20^\circ\text{C}$ - расчётная температура воздуха

$\phi_b = 60\%$ - относительная влажность воздуха

$u_b = 0,3$ м/с – скорость движения воздушных масс

Таблица 3.1 – Теплотехнические характеристики материалов для фасадов с минераловатным утеплителем

Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина δ , м	Теплопроводность λ , Вт/(м ^о С)	Теплоусвоение s , Вт/(м ^{2о} С)
Известково-песчаный раствор Dufa	1600	0,012	0,81	9,76
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	1600	0,38	0,64	8,48
Минераловатная плита ROCKWOOL «Лайт-Баттс»	180	0,1	0,041	0,81
Изоспан QA proff	70	0,0016	0,17	3,53
Воздушная прослойка	$R_{вз} = 0,15 \text{ (м}^{2о} \text{ C)/Вт}$			0

Продолжение таблицы 3.1

Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина δ , м	Теплопроводность λ , Вт/(м ^о С)	Теплоусвоение s , Вт/(м ^{2о} С)
Плиты из керамогранита Керама Терракот	2800	0,0075	3,49	25,04

Таблица 3.2 – Состав элементов и их основные показатели для конструкции с применением битумно – полимерной мастики

Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина δ , м	Теплопроводность λ , Вт/(м ^о С)	Теплоусвоение s , Вт/(м ^{2о} С)
Известково-песчаный раствор Dufa	1600	0,012	0,81	9,76
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	1600	0,38	0,64	8,48
Минераловатная плита ROCKWOOL «Лайт-Баттс»	180	0,05	0,041	0,81
Битумно-полимерная мастика «Дорфлекс»	1000	0,002	0,27	6,8
Воздушная прослойка	$R_{вз} = 0,15$ (м ^{2о} С)/Вт			0
Плиты из керамогранита Керама Терракот	2800	0,0075	3,49	25,04

Первоначально выполнялся теплотехнический расчет ограждающих конструкций согласно методике, представленной в СП [35].

Градусо-сутки отопительного периода определены по следующей формуле:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) \cdot Z_{от}, \quad (3.1)$$

$$ГСОП = (20+5,2) \cdot 203 = 5115,6 \text{ град/сут.}$$

Приведенное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции:

$$R_{np} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (3.2)$$

где α_b - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимается равным 8,7 Вт/(м² °С), СП [35, табл.4];

$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ - суммарное сопротивление теплопередаче всех слоев ограждающей конструкции, (м² °С)/Вт;

δ_i - толщина i -го слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i - расчетный коэффициент теплопроводности материала i -го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м °С), определяется по СП [35, прил. Т] согласно условиям эксплуатации;

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, принимается равным 23 Вт/(м² °С), СП [35, табл.6].

Приведенное сопротивление теплопередаче для навесного фасада традиционного типа равно:

$$R_{np}^{tp} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{0,0016}{0,17} + 0,15 + \frac{0,0075}{3,49} + \frac{1}{23}$$

$$R_{np}^{tp} = 0,1149 + 0,0148 + 0,5938 + 2,439 + 0,0094 + 0,15 + 0,0021 + 0,0435$$

$$R_{np}^{tp} = 3,37 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

Термическое сопротивление теплопередаче предлагаемой конструкции будет равно:

$$R_{np}^{ин} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} + \frac{0,002}{0,27} + 0,15 + \frac{0,0075}{3,49} + \frac{1}{23}$$

$$R_{np}^{ин} = 0,1149 + 0,0148 + 0,5938 + 1,220 + 0,0074 + 0,15 + 0,0021 + 0,0435$$

$$R_{np}^{ин} = 2,15 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$$

Значения температуры в плоскости возможной конденсации вычислены по формуле:

$$\tau_i = t_B - \frac{(t_B - t_H) \cdot n}{R_{np}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right), \quad (3.3)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждения по отношению к окружающему воздуху, равен 1.

Результаты расчета сводим в таблицы 3.3 и 3.4 соответственно:

Таблица 3.3 – Изменение температуры в толще навесного утепления для варианта с Изоспаном

$R_i, \text{ м}^2\text{°C/Вт}$	0,11	0,13	0,72	3,16	3,17	3,32	3,32
$\tau_i, \text{ °C}$	18,29	18,07	9,26	-26,96	-27,10	-29,32	-29,35

Таблица 3.4 – Параметры температурного режима отдельных элементов ограждающей конструкции с использованием битумно – полимерной мастики

$R_i, \text{ м}^2\text{°C/Вт}$	0,11	0,13	0,72	1,94	1,95	2,10	2,10
$\tau_i, \text{ °C}$	17,32	16,98	3,14	-25,27	-25,44	-28,94	-28,99

По полученным данным построены графики изменения температуры в толще несущей стены (Приложение Б).

Анализ графических изображений показал, что в обоих случаях процесс падения температуры практически идентичен. Резкий перепад наблюдается в утепляющем слое, что предохраняет основной материал ограждения – кирпичную кладку на цементно – песчаном растворе – от разрушения.

При применении двухкомпонентной гидроизоляции совместно с минераловатным утеплителем снижение термических показателей воздуха, проходящего сквозь наружную стену, происходит интенсивнее (разница составляет от 1 до 6° C), что является допустимой погрешностью при проектировании систем инженерного обеспечения здания. Этот факт подтверждает возможность применения инновационной техники монтажа фасадов навесного типа при реконструкции строительных объектов.

Кроме того, разница толщин конструкций с изоляционными парами «минвата – полимерная мастика» и «базальтовое волокно – геотекстиль»

составляет около 5 см. Этот факт способствует использованию современных технологий наружного утепления зданий для снижения нагрузки на несущие элементы каркаса.

Далее произведена оценка тепловой защиты усовершенствованной системы навесного фасада.

Для этого найдена величина массивности ограждающего элемента:

$$D = \sum R_i S_i, \quad (3.4)$$

где S_i – коэффициент теплоусвоения (при периоде 24 ч), Вт/(м² °С), СП [35, прил. Т].

Согласно требованиям СП [35, п.5.4] вентиляционный зазор, а также последующие за ним слои ограждающей конструкции исключаются из расчета. Тогда формула (3.4) будет иметь вид:

$$D_{н.с.} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot s_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot s_2 + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot s_3 + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \cdot s_4$$

$$D_{н.с.} = \frac{0,012}{0,81} \cdot 9,76 + \frac{0,38}{0,64} \cdot 8,48 + \frac{0,05}{0,041} \cdot 0,81 + \frac{0,002}{0,27} \cdot 6,8 = 6,2$$

$5 < 6,2 < 7$ – конструкция характеризуется средней массивностью, необходим дополнительный расчет теплоусвоения ограждения.

Оценка теплонакопительной способности ограждения:

$$q_{нак} = c \cdot \Delta t \cdot m^I, \quad (3.5)$$

где $c = 1,005$ кДж/(кг°С) – теплоемкость воздуха,

m^I – поверхностная плотность конструкции, кг/м²:

$$m^I = \sum \rho_i \cdot \delta_i, \quad (3.6)$$

где ρ_i – плотность i -го слоя ограждающей конструкции, кг/м³,

Δt – разница между внутренней температурой помещения и расчетной температурой слоев конструкции, задерживающих тепло, °С:

$$\Delta t = t_b - t_1, \quad (3.7)$$

где t_1 – температура слоев конструкции, задерживающих тепло, °С, определяется по графику.

$$\Delta t = 20 - 16,98 = 3,02^{\circ} \text{ C}$$

$$m^I = 0,012 \cdot 1600 + 0,38 \cdot 1600 = 627,2 \text{ кг/м}^2$$

Теплонакопительная способность навесного фасада:

$$q_{\text{нак}} = 1,005 \cdot 627,2 \cdot 3,02 = 1903,6 \text{ кДж/м}^2$$

Высокая теплоаккумулирующая способность наружного утепления позволит длительное время сохранять тепло в помещении, существенно снижая потребление энергоресурсов.

Выполним дополнительный расчет на теплоусвоение фасадного утепления навесного типа для подтверждения соответствия его характеристик нормативным требованиям.

Таблица 3.5 – Технические данные ограждения по теплоусвоению

Наименование материала	Сопротивление теплопередачи R, (м ² ° C)/Вт	Теплоусвоение s, Вт/(м ² ° C)	Массивность слоя, D
Известково-песчаный раствор Dufa	0,0148	9,76	0,14
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	0,5937	8,48	5,03
Минераловатная плита ROCKWOOL «Лайт-Баттс»	1,2195	0,81	0,99
Битумно-полимерная мастика «Дорфлекс»	0,0074	6,8	0,05
Воздушная прослойка	0,15	0	0
Плиты из керамогранита Керама Терракот	0,0022	25,04	0,05

Так как выполняется условие: $D_1 + D_2 > 1$, следовательно расчет коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности наружной стены будет производиться по формуле:

$$Y_{\text{HC}} = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + S_2}{1 + R_1 \cdot S_2} \quad (3.8)$$

$$Y_{\text{HC}} = \frac{0,0148 \cdot 9,76^2 + 8,48}{1 + 0,0148 \cdot 8,48} = \frac{9,8898}{1,1255} = 8,8 \text{ Вт/м}^2 \text{ C}$$

Полученный результат доказывает, что теплоусвоение разрабатываемого конструктивного состава соответствует нормам СП [35], что подтверждает возможность его использования в гражданских зданиях.

Также в связи с заменой материала гидроизоляционного слоя необходимо удостоверится в воздухопроницаемости полученной конструкции, и определить вероятность выпадения конденсата на наружной поверхности и в толще ограждения.

Требуемое сопротивление навесного фасада воздухопроницанию определяется согласно формуле:

$$R_{и}^{тp} = \frac{\Delta p}{G_{н}}, \quad (3.9)$$

где $G_{н}$ - нормативная воздухопроницаемость внешней стены, принимается равной $0,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$ по СП [35, табл. 9],

Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждения:

$$\Delta p = 0.55 \cdot H \cdot g \cdot (\rho_{н} - \rho_{в}) + 0,3 \cdot \rho_{н} \cdot v_{н}^2, \quad (3.10)$$

где H - высота здания от уровня поверхности земли до верха вытяжной шахты в здании, равная $10,2 \text{ м}$;

$\rho_{н}$ - плотность наружного воздуха, кг/м^3 ;

$\rho_{в}$ - плотность внутреннего воздуха, кг/м^3 ;

Плотность воздуха определяется по формуле:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}, \quad (3.11)$$

где t – температура воздуха, принимается равной $t_{в}$ при вычислении плотности внутреннего воздуха или $t_{н}$ для расчета плотности наружного воздуха соответственно.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции $R_{и}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$, определяют как сумму сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев:

$$R_{и}^{\phi} = \sum R_{иi}, \quad (3.12)$$

где R_{ni} - сопротивление воздухопроницанию i -го слоя конструкции, принимаемое из СП [35, прил. С].

Тогда фактическая воздухопроницаемость будет равна:

$$G_{\phi} = \frac{\Delta p}{R_u^{\phi}} \quad (3.13)$$

Результаты вычислений представлены ниже:

$$\rho_e = \frac{353}{20 + 273} = 1,205 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_n = \frac{353}{-30 + 273} = 1,453 \text{ кг/м}^3$$

$$\Delta p = 0,55 \cdot 10,2 \cdot 9,81 \cdot (1,453 - 1,205) + 0,3 \cdot 1,453 \cdot 4^2 = 20,6 \text{ Па}$$

$$R_u^{mp} = \frac{20,6}{0,5} = 41,2 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$$

Таблица 3.6 – Параметры наружного утепления по воздухопроницанию

Наименование материала	Толщина δ , м	Сопротивление воздухопроницанию R_{ni} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$
Известково-песчаный раствор Dufa	0,012	142
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	0,38	18
Минераловатная плита ROCKWOOL «Лайт-Баттс»	0,05	2
Битумно-полимерная мастика «Дорфлекс»	0,002	80
Воздушная прослойка	0,03	-
Плиты из керамогранита Керама Терракот	0,0075	0,5

Исходя из требований СП [35], пренебрегаем в расчете наличием вентилируемого зазора и последующим облицовочным слоем.

Тогда фактическое сопротивление воздухопроницанию будет равно:

$$R_{ni}^{\phi} = 142 + 18 + 2 + 80 = 242 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}, \text{ что превышает требуемую величину.}$$

Фактическая масса воздуха, проходящая через толщу ограждения:

$$G_{\phi} = \frac{20,6}{242} = 0,085 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$$

Исходя из расчетов, следует, что предлагаемый состав конструкции отвечает всем требованиям по воздухоизоляции, предотвращая помещения от выхолаживания в зимний период и проникновения наружного воздуха в теплый период года.

При проведении проверки наружного утепления на вероятность выпадения конденсата на внутренней поверхности необходимо вычислить расчетный температурный перепад:

$$\Delta t_{nc} = \frac{(t_e - t_n) \cdot n}{R_{\phi} \cdot \alpha_e} \quad (3.14)$$

$$\Delta t_{nc} = \frac{(20 + 30) \cdot 1}{2,15 \cdot 8,7} = 2,67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Сравним полученное значение с требуемым температурным градиентом, СП [35, табл. 5]:

$$\Delta t_{nc} = 2,67^\circ\text{C} < \Delta t_n = 4^\circ\text{C}$$

Из полученного неравенства можно сделать вывод, что выделение влаги на внутренней поверхности наружных стен административного здания образовываться не будет.

Для определения возможности выпадения конденсата в толще ограждающей конструкции был использован графический метод (метод Фокина).

Для построения графика необходимо рассмотреть диффузию водяного пара при протекании в стационарном режиме. Так как процесс проникновения влаги в срединные слои наружной стены происходит медленнее, чем передача тепла, то для расчетов необходимо использовать температуру самого холодного месяца $t_n = t_{ян} = \text{минус } 13,5^\circ\text{C}$.

Для получения более точных результатов необходимо разделить слои утеплителя и кирпичной кладки на 2 и 3 части соответственно и найти температуру на поверхности каждого «нового» элемента. После чего рассчитывают значения максимально возможного парциального давления

водяных паров E , Па. Характер изменения данного параметра отображают в виде кривой на схеме ограждения.

$$E = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(\frac{-5330}{273 + t_g}\right) \quad (3.15)$$

Действительные численные значения содержания водяных паров в навесном утеплении определяют по формуле:

$$e_i = e_g - \frac{e_g - e_n}{R_n} \cdot (R_{ng} + R_{n1} + \dots + R_{ni}) \quad (3.16)$$

где e_g - действительное значение упругости водяных паров внутреннего воздуха, Па

$$e_g = \frac{\varphi_g}{100} \cdot E_g, \quad (3.17)$$

где E_g - максимально возможная упругость водяных паров при температуре внутреннего воздуха, t_g , ° С;

e_n - действительное значение упругости водяных паров наружного воздуха, Па

$$e_n = \frac{\varphi_n}{100} \cdot E_n, \quad (3.18)$$

где E_n - максимально возможная упругость водяных паров при температуре наружного воздуха, t_n , ° С;

$R_{n1}, \dots, R_{ni}, R_{nn}$ - сопротивление паропроницанию 1-го, n -го слоев наружной стены:

$$R_n = R_{ng} + \sum R_{ni} + R_{nn}, \quad (3.19)$$

где R_{ng} - сопротивление паропроницанию внутренней поверхности ограждающей конструкции:

$$R_{ng} = 0,06 \cdot \left(1 - \frac{\varphi_g}{100}\right), \quad (3.20)$$

R_{ni} - сопротивление паропроницанию i -го слоя ограждения:

$$R_{ni} = \frac{\delta_i}{\mu_i}, \quad (3.21)$$

где μ_i - расчетный коэффициент паропроницаемости материала i -го слоя, согласно СП [35, прил. Т];

$R_{\text{пн}}$ - сопротивление паропроницанию наружной поверхности внешнего утепления:

$$R_{\text{пн}} = 0,06 \cdot \left(1 - \frac{\varphi_n}{100}\right) \quad (3.22)$$

Таблица 3.7 – Технические характеристики паропроницания слоев навесного фасада

Наименование материала	Толщина δ , м	Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)	Сопротивление паропроницанию $R_{\text{п,2}}$ (м ² ·ч·Па)/мг
Известково-песчаный раствор Dufa	0,012	0,12	0,1
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	0,38	0,14	2,7
Минераловатная плита ROCKWOOL «Лайт-Батс»	0,05	0,3	0,2
Битумно-полимерная мастика «Дорфлекс»	0,002	0,008	0,25
Воздушная прослойка	0,03	-	0
Плиты из керамогранита Керама Терракот	0,0075	0,008	0,94

Ниже представлены результаты вычислений:

$$R_{\text{пв}} = 0,06 \cdot \left(1 - \frac{60}{100}\right) = 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$R_{\text{пн}} = 0,06 \cdot \left(1 - \frac{84}{100}\right) = 0,0096 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$R_{\text{п}} = 0,024 + 0,1 + 2,7 + 0,2 + 0,25 + 0,94 + 0,0096 = 4,22 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па) / мг}$$

Для получения корректных значений парциальных давлений водяных паров, проходящих сквозь толщу ограждающей конструкции, необходимо произвести расчет изменения температуры в плоскости возможной конденсации по формуле (3.3) при условии: $t_{\text{н}} = t_{\text{ян}} = \text{минус } 13,5^\circ\text{C}$.

Таблица 3.8 – Температурный режим навесного фасадного утепления при $t_n =$ минус $13,5^\circ\text{C}$

$R_i, \text{ м}^2\text{C/Вт}$	0,11	0,13	0,72	1,94	1,95	2,10	2,10
$\tau_i, ^\circ\text{C}$	18,21	17,97	8,71	-10,33	-10,45	-12,79	-12,82

По полученным данным построена кривая падения температуры в толще ограждения (Приложение В).

Для удобства последующих математических действий разделим толщину теплоизолирующего слоя на 2 части, а кирпичную кладку на 3.

При нахождении значений E и e будем использовать температурные показатели снятые с кривой.

$$\text{Тогда } E_{2,1} = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(\frac{-5330}{273+14,88}\right) = 1674,957 \text{ Па}$$

$$e_g = \frac{60}{100} \cdot 2314,79 = 1388,88 \text{ Па}$$

$$e_n = \frac{84}{100} \cdot 221,12 = 185,74 \text{ Па}$$

Действительное значение упругости водяных паров в ограждении будет равно:

$$e_{2,1} = 1388,88 - \frac{1388,88 - 185,74}{4,22} \cdot (0,024 + 0,1 + 0,9) = 1096,93 \text{ Па}$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты графического метода Фокина

	вн	1	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4	5	6
$\tau_i, ^\circ\text{C}$	18,2	17,9	14,9	11,8	8,7	-0,8	-10,3	-10,5	-12,8	-12,8
$E_i, \text{ Па}$	2070	2039	1675	1371	1117	576	283	281	234	233
$e_i, \text{ Па}$	1382	1353	1097	840	584	555	527	455	455	187

Графики изменения парциального давления водяных паров и их действительные значения в толще ограждающей конструкции строятся в

едином масштабе (рисунок 3.1). По их взаимному расположению выполняется анализ влажностного режима инновационного ограждения.

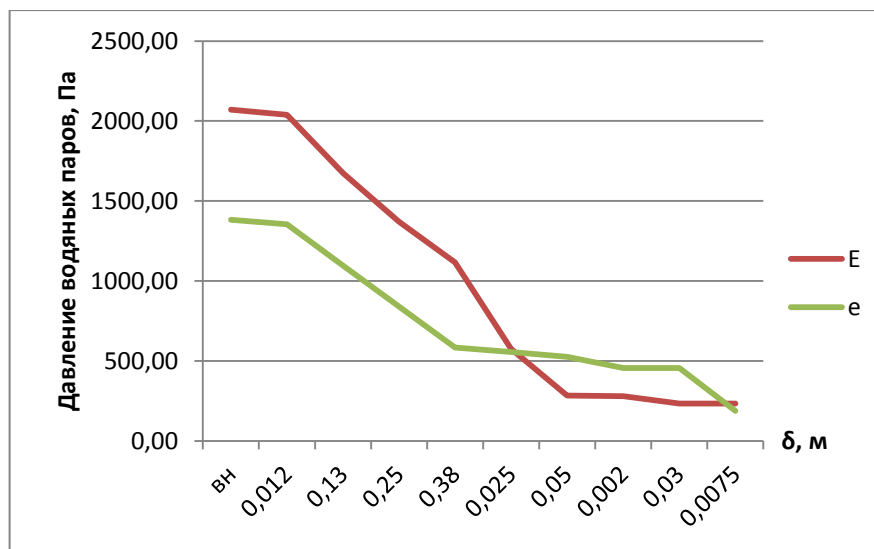


Рисунок 3.1 – Диаграмма Фокина

Из анализа полученного изображения видно, что линии действительной и максимальной упругостей водяных паров пересекают друг друга, что говорит о возможности выпадения конденсата в толще утепляющего слоя. Необходимо провести дополнительную проверку полученной конструкции на вероятность увлажнения аналитическим методом.

При определении расчетным способом возможности переувлажнения материала ограждения первоначально следует обнаружить местоположение плоскости, в которой влага выпадет быстрее, чем в остальных сечениях.

Для этого вычислим комплекс f_i для каждого слоя конструкции:

$$f_i = 5330 \frac{R_n \left(\frac{-t_n^-}{\mu_i} \right)}{R_o^{yc} \left(\frac{-e_H^-}{\lambda_i} \right)}, \quad (3.23)$$

где t_n^- - средняя температура наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами, принимается равной минус 8,98 ° С;

$R_o^{yc} = R_{пр}^{ин} = 2,15 \text{ м}^2 \text{° С/Вт}$ - условное сопротивление теплопередачи однородной многослойной ограждающей конструкции;

e_n^- - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха для месяцев со средними отрицательными температурами:

$$e_n^- = \frac{e_n'}{n}, \quad (3.24)$$

где e_n' - парциальное давление водяных паров наружного воздуха каждого месяца со средними отрицательными температурами, СП [37, табл.7];

n – количество месяцев с отрицательными температурами наружного воздуха за год.

Таблица 3.10 – Среднемесячные температуры и парциальные давления

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t, ^\circ\text{C}$	-13,5	-12,6	-5,8	5,8	14,3	18,6	20,4	19,0	12,8	4,2	-3,4	-9,6	4,2
$e_n', \text{Па}$	220	220	360	620	850	1220	1470	1310	950	630	450	300	720

$$e_n^- = \frac{220 + 220 + 360 + 450 + 300}{5} = 310 \text{ Па}$$

Значения посылочной величины комплекса f_i представлены ниже:

$$f_1 = 5330 \frac{4.22 \left(0 + 8.98 \right)}{2.15 \left(388.88 - 310 \right)} \cdot \frac{0.12}{0.81} = 41.63$$

$$f_2 = 5330 \frac{4.22 \left(0 + 8.98 \right)}{2.15 \left(388.88 - 310 \right)} \cdot \frac{0.14}{0.64} = 61.47$$

$$f_3 = 5330 \frac{4.22 \left(0 + 8.98 \right)}{2.15 \left(388.88 - 310 \right)} \cdot \frac{0.3}{0.041} = 2056.2$$

$$f_4 = 5330 \frac{4.22 \left(0 + 8.98 \right)}{2.15 \left(388.88 - 310 \right)} \cdot \frac{0.008}{0.27} = 8.33$$

$$f_5 = 5330 \frac{4.22 \left(0 + 8.98 \right)}{2.15 \left(388.88 - 310 \right)} \cdot \frac{0}{1} = 0$$

$$f_6 = 5330 \frac{4.22 \left(0 + 8.98 \right)}{2.15 \left(388.88 - 310 \right)} \cdot \frac{0.008}{3.49} = 0.64$$

Для определения плоскости возможной конденсации необходимо вычислить численные значения температуры на границе слоев ограждения по формуле (3.3), заменив при этом $t_n = t_n^- = \text{минус } 8,98 \text{ } ^\circ \text{C}$.

Кроме того, используя СП [35, табл. 11], вычислим температуры в зоне максимального увлажнения каждого слоя ограждающей конструкции.

Все полученные данные сведем в таблицу 3.11.

Таблица 3.11 – Граничные температуры слоев

Наименование слоя	f_i	$t_{м.у.}$	t_n^-
Внутренняя поверхность стены	-	-	18,45
Известково-песчаный раствор Dufa	41,63	17,78	18,25
Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	61,47	9,65	10,25
Минераловатная плита ROCKWOOL «Лайт-Батс»	2056,20	-7,25	-6,19
Битумно-полимерная мастика «Дорфлекс»	8,33	-8,48	-6,28
Воздушная прослойка	0	-9,63	-8,31
Плиты из керамогранита Керама Терракот	0,64	-10,24	-8,34

Исходя из результатов расчетных данных, местоположением плоскости возможной конденсации является слой минераловатного утеплителя.

Кроме того, выполняется условие СП [35, п.8.5.5.]:

$$\frac{\mu_{ym}}{\lambda_{ym}} = \frac{0,3}{0,041} = 7,32 > 2$$

Тогда за плоскость максимального увлажнения следует принять плоскость, лежащую на наружной границе теплоизолирующего слоя. Так как по всем показателям она будет быстрее всего подвергаться избыточному влагопотреблению.

Необходимо проверить выполняются ли условия:

$$R_{н.н.} \geq R_{n1}^{mp}, R_{n2}^{mp}$$

Требуемое сопротивление паропрооницанию $R_{п1}^{тп}$ (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяется по формуле:

$$R_{п1}^{тп} = \frac{\epsilon - E}{E - e_n} R_{п.н.}, \quad (3.25)$$

где E – упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации:

$$E = \frac{E_1 \cdot z_1 + E_2 \cdot z_2 + E_3 \cdot z_3}{12}, \quad (3.26)$$

где E_1, E_2, E_3 – парциальные давления водяных паров при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов;

z_1, z_2, z_3 – продолжительность этих периодов;

$R_{п.н.}$ – сопротивление паропрооницанию части конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации, определяется по формуле:

$$R_{п.н.} = \sum \frac{\delta'_i}{\mu_i}, \quad (3.27)$$

где δ'_i – толщина слоя, лежащего от наружной поверхности до плоскости максимального увлажнения;

Требуемое сопротивление паропрооницанию $R_{п2}^{тп}$ (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха):

$$R_{п2}^{тп} = \frac{0,0024 \cdot z_{ом} \cdot (\epsilon - E_0)}{\rho_w \cdot \delta_w \cdot \Delta w + \eta}, \quad (3.28)$$

где E_0 - упругость водяного пара в плоскости максимального увлажнения, определяемая при средней температуре наружного воздуха,

ρ_w, δ_w - плотность и толщина материала увлажняемого слоя,

Δw - предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя за период влагонакопления, принимается равным 3%,

η - коэффициент, определяемый по формуле:

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot z_{om} \cdot (e_0 - e_n^-)}{R_{n.n.}} \quad (3.29)$$

где e_n^- - средняя упругость водяного пара наружного воздуха для периода с отрицательными среднемесячными температурами.

Результаты вычислений представлены ниже:

$$R_{n.n.} = \frac{0,05}{0,3} + \frac{0,002}{0,008} + \frac{0,0075}{0,008} = 0,17 + 0,25 + 0,9375 = 1,35 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

Количество месяцев, приходящихся на зимний, весеннее – осенний и летний периоды, и их средние температуры:

- зимний период: $z_1 = 4$ месяца, $t_{cp} = \text{минус } 10,375^\circ \text{ C}$

- весенне – осенний период: $z_2 = 2$ месяца, $t_{cp} = \text{плюс } 0,4^\circ \text{ C}$

- летний период: $z_3 = 6$ месяцев, $t_{cp} = \text{плюс } 15,15^\circ \text{ C}$

Согласно формуле (3.3) температура в плоскости максимального увлажнения в каждый из этих периодов будет равна (при условии $t_n = t_{cp}$):

$$\tau_z = 20 - \frac{(0 + 10,375) \cdot 1}{2,15} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = -7,45^\circ \text{ C}$$

$$\tau_{e-o} = 20 - \frac{(0 - 0,4) \cdot 1}{2,15} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = 2,29^\circ \text{ C}$$

$$\tau_n = 20 - \frac{(0 - 15,15) \cdot 1}{2,15} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = 15,62^\circ \text{ C}$$

Найдем значение парциальных давлений по формуле (3.15):

$$E_z = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(\frac{-5330}{273 - 7,45}\right) = 353 \text{ Па}$$

$$E_{e-o} = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(\frac{-5330}{273 + 2,29}\right) = 718 \text{ Па}$$

$$E_n = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(\frac{-5330}{273 + 15,62}\right) = 1756 \text{ Па}$$

$$E = \frac{353 \cdot 4 + 718 \cdot 2 + 1756 \cdot 6}{12} = 1115 \text{ Па}$$

$$R_{n1}^{mp} = \frac{(388,88 - 1115) \cdot 1,35}{1115 - 720} = 0,936 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

Теперь необходимо рассчитать температуру в плоскости возможной конденсации при условии $t_n = t_n^-$ (3.3):

$$t_0 = 20 - \frac{(20 + 8,98) \cdot 1}{2,15} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,012}{0,81} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{0,05}{0,041} \right) = -6,19^\circ \text{C}$$

Тогда парциальное давление водяных паров в плоскости выпадения конденсата:

$$E_0 = 1,84 \cdot 10^{11} \cdot \exp\left(\frac{-5330}{273 - 6,19}\right) = 1388 \text{Па}$$

$$\eta = \frac{0,0024 \cdot 203 \cdot (388 - 310)}{1,35} = 389$$

$$R_{n2}^{mp} = \frac{0,0024 \cdot 203 \cdot (388,88 - 1388)}{180 \cdot 0,05 \cdot 0,03 + 389} = 0,001 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

Сравним полученные значения:

$$R_{n1}^{mp} = 0,936 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг} > R_{n2}^{mp} = 0,001 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

$$R_{n..} = 1,35 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг} > R_{n1}^{mp} = 0,936 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$$

По полученным результатам видно, что предлагаемая конструкция наружного ограждения удовлетворяет всем требованиям по тепловой защите, теплоусвоению и воздухопроницанию. Согласно расчетам, представленным выше, выпадение конденсационной влаги, как на внутренней поверхности фасадного утепления, так и в толще ограждающей конструкции происходить не будет. Разработанная система навесного фасадного утепления рекомендуется для монтажа в гражданских зданиях.

3.2 Предложения по повышению эффективности производства работ по монтажу

Установка фасадов навесного типа с применением резиновой гидроизоляции по общим принципам схожа с устройством фасадных систем традиционного заполнения.

Монтажные работы начинаются с очистки поверхностей наружных стен от ранее нанесенных на них отделочных материалов с последующей разметкой согласно ПОС. После чего устанавливают вертикальные и горизонтальные металлические профили, образующие каркас будущего ограждения. В полости, образованные направляющими каркасной системы, укладывают утеплитель (минеральную вату или пенополистирольную экструзию), а следующим слоем осуществляют работы по гидроизоляции фасада.

В отличие от рулонных гидроизоляционных материалов, закрепляемых при помощи тарельчатых дюбель сквозь толщу теплоизолятора, битумно – полимерную мастику напыляют на поверхность ограждения при помощи двухканального распылителя.

Первоначально площадь покрытия очищают от пыли и слегка увлажняют при помощи распылительной установки. Затем подготовленную битумную массу наносят под давлением на рабочую зону толщиной в 2 мм, что соответствует 1 слою. Процесс твердения материала осуществляется в естественных условиях, длительность застывания зависит от температуры окружающего воздуха, при которой осуществляются монтажные работы. Это позволяет проводить работы по установке навесного утепления последовательно – поточным методом [3].

Завершающим этапом является выполнение облицовки. Тип креплений и технология монтажа внешнего обрамления зависит от материала, используемого при устройстве фасада.

Для наглядного представления сокращения сроков производства при использовании предлагаемой конструкции были определены трудозатраты и численность рабочих при монтаже, а также построен график производства работ.

Технические характеристики здания необходимые для расчета:

- размеры в плане – 21,5 × 6,5 м
- высота этажа – 3,3 м

- количество этажей – 3
- высота здания – 10,2 м
- количество оконных переплетов – 78 шт.

Трудоемкость производства монтажа рассчитывается по формуле:

$$T_p = \frac{V \cdot H_{вр}}{8}, \text{ [чел-час]} \quad (3.30)$$

где V – объем работ, принимается из таблицы 3.12;

$H_{вр}$ – норма времени для каждого вида деятельности [10], [11], [12], [13].

Таблица 3.12 – Ведомость объемов монтажа

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Объем работ
1	Устройство несущего каркаса	м ²	434
	Разметка и установка кронштейнов	т	0,27
	Монтаж вертикальных направляющих	10 м	55,2
	Монтаж горизонтальных направляющих	10 м	112,2
2	Теплоизоляционные работы	м ²	434
	Напыление гидроизоляционного состава	100 м ²	4,34
3	Облицовка здания	м ²	434
	Монтаж облицовочных панелей	100 м ²	4,34
	Устройство примыканий	10 м	74,9

Таблица 3.13 – Трудозатраты при проведении монтажных работ

Наименование	Объем работ	Нормативные затраты		Фактические затраты		Состав звена
		чел-час	маш-смен	чел-час	маш-смен	
1. Устройство несущего каркаса						
Разметка и установка кронштейнов	0,27	7,6	-	0,26	-	Монтажник 4разр. – 1, 3разр. – 1
Монтаж вертикальных направляющих	55,2	1,3	-	8,97	-	Монтажник 4разр. – 1, 3разр. – 1
Монтаж горизонтальных направляющих	112,2	0,43	-	6,03	-	Монтажник 4разр. – 1, 3разр. – 1

Продолжение таблицы 3.13

Наименование	Объем работ	Нормативные затраты		Фактические затраты		Состав звена
		чел-час	маш-смен	чел-час	маш-смен	
2. Теплоизоляционные работы						
Закрепление плит теплоизоляции	4,34	0,34	-	0,18	-	Термоизолировщик 4разр. – 1, 3разр. – 2
Напыление гидроизоляционного состава	4,34	2,9	-	1,57	-	Гидроизолировщик 4разр. – 1, 2разр. – 1
3. Облицовка здания						
Монтаж облицовочных панелей	4,34	2,2	-	1,19	-	Монтажник 4разр. – 1, 3разр. – 1
Устройство примыканий	74,9	0,88	-	8,24	-	Монтажник 4разр. – 1, 3разр. – 1
Итого:				26,45		

Время, затрачиваемое монтажниками для совершения всей последовательности операций, вычисляется по формуле:

$$T = T_p / (n \cdot k), \text{ [дни]} \quad (3.31)$$

где n - количество рабочих в звене, чел,

k – сменность, величину принимаем равную 2.

По полученным данным было выполнено графическое изображение продолжительности работ по установке навесного фасада с применением технологии бесшовного напыления (Приложение Г).

Кроме того, согласно информации [42] на график были нанесены временные отрезки, соответствующие длительности монтажа наружного утепления традиционного типа.

Анализ полученных данных показал, что при численно равном составе рабочего звена работы по устройству навесного фасада предложенным методом сокращаются в среднем на 1,5 – 2 дня по сравнению с традиционным способом – закрепление рулонных гидроизоляторов

тарельчатыми дюбелями [23]. Это достаточно актуально при современных ускоренных темпах строительства.

Также при выполнении натуральных замеров для определения трудозатрат по напылению битумно – полимерной мастики опытным путем была получена величина – 1,8 чел – час на 100 м² ограждающей конструкции. Учет скорректированной единицы трудоемкости позволит в полной мере отразить степень сложности работ и правильно осуществить процесс организации монтажа на строительной площадке.

3.3 Оценка эффективности предлагаемых мероприятий

Для определения целесообразности совершенствования фасадов навесного типа с применением жидкой резины были выполнены локальные ресурсные сметные расчеты с использованием прикладного программного обеспечения Estimate 1.9.18 (Приложение Д).

По результатам вычислений было определено, что стоимость работ по монтажу конструкций наружного утепления инновационным способом превосходит стоимость работ по традиционному методу на 23%. 71% от итоговой суммы – затраты на материалы, остальные денежные средства расходуются между ФОТ и затратами на эксплуатацию машин и механизмов в следующем соотношении – 24,7% и 4,3% соответственно.

Однако, как показали результаты детального анализа вложений, несмотря на удорожание готового продукта, выплаты за деятельность рабочих снизились на 7,7% вследствие механизации процесса. Это ещё раз подтверждает факт сокращения сроков строительства, что является актуальной тенденцией в современной строительной индустрии [46].

Ниже приведены диаграммы распределения элементов затрат при устройстве навесных вентилируемых фасадов с использованием Изоспана и битумно-полимерной мастики (рисунок 3.2 и 3.3).

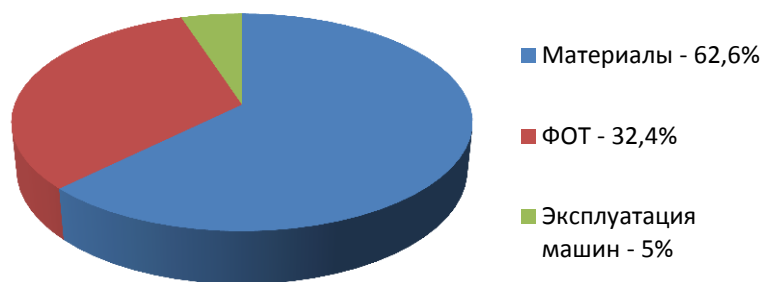


Рисунок 3.2 – Структура стоимости работ по монтажу фасадных конструкций с применением Изоспана

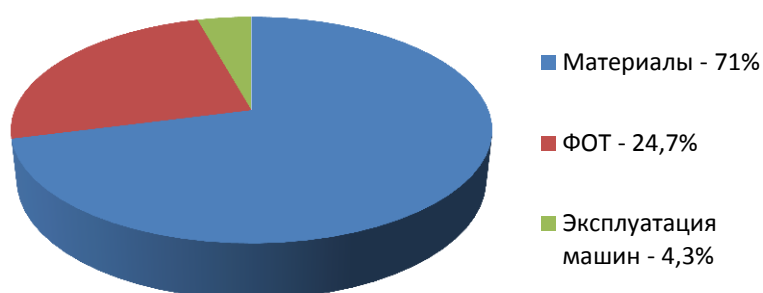


Рисунок 3.3 – Структура стоимости работ по устройству систем утепления наружных стен с напыляемой гидроизоляцией

Согласно данным натурных испытаний, предоставленных производителем двухкомпонентной смеси ООО "Инновационные технологии" в открытом доступе, фактический срок службы материала составляет 50 – 60 лет в зависимости от условий эксплуатации объекта [26]. В то время как для гидроизоляционной мембраны этот период сокращается до 5 – 7 лет при соблюдении технологии монтажа, а при её нарушении и вовсе до 2 – 3 лет [7].

Сетевой график эксплуатационного износа Изоспана QA proff, выполненный, исходя из результатов обследования типового административного здания, расположенного в Приволжском федеральном округе [48], (рисунок 3.4), показал, что по истечению 2,5 – 3 лет эксплуатации следует проводить текущий ремонт фасада, а по достижению 6 лет и более – капитальный ремонт.

Для сравнения технических характеристик по ремонтпригодности гидроизоляции на графическом изображении были также указаны данные по износоустойчивости битумно – полимерной мастики [5]. Не смотря на отсутствие численных показателей по износоустойчивости на весь срок эксплуатации жидкой резины, уже сейчас можно с уверенностью сказать, что в течение 10 лет ежедневной эксплуатации износ материала составит в среднем около 10 – 12%, что позволит существенно снизить затраты на последующую эксплуатацию в жестких условиях экономии строительной индустрии.

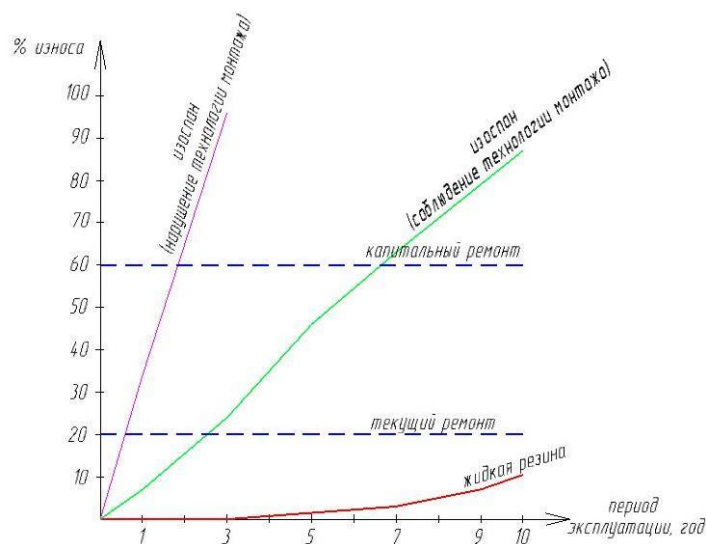


Рисунок 3.4 – Эксплуатационный износ гидроизоляционных материалов

Для определения годовой экономической эффективности предлагаемых мероприятий воспользуемся формулой [6]:

$$Э_{год} = Z_1 - Z_2, \quad (3.32)$$

где Z_1 – годовые эксплуатационные расходы при обслуживании навесного фасадного ограждения с применением рулонной гидроизоляции,

Z_2 – затраты на обслуживание фасадного утепления с использованием битумно – полимерной мастики в течение года:

$$Z_1 = C_{смп}^1 + 0,15 \cdot K_1, \quad (3.33)$$

$$Z_2 = C_{смп}^2 + 0,15 \cdot K_2, \quad (3.34)$$

где $C_{\text{смп}}^1$ – стоимость работ по текущему и капитальному ремонтам фасадов, выполненных по традиционной методике, за минимальный срок службы – 5 лет,

$C_{\text{смп}}^2$ – величина затрат на планово – предупредительные мероприятия по поддержанию инновационной ограждающей конструкции в эксплуатационном состоянии в 10 летний период,

K_1, K_2 – капитальные вложения при монтаже ограждающих фасадных конструкций, принимаются из локальных ресурсных сметных расчетов (Приложение Д).

Для расчета величины $C_{\text{смп}}^1$ и $C_{\text{смп}}^2$ принимаются равными $1,5K_1$ и $1,5K_2$ соответственно (работы по демонтажу и последующему монтажу отдельных элементов конструкций) за весь период эксплуатации.

Расчеты производились на 100м^2 ограждения.

Для навесного ограждения с Изоспаном QA proff:

$$C_{\text{смп}}^1 = \frac{1,5K_1}{5} = \frac{1,5 \cdot 2237692,25}{5} = 671308 \text{ руб./год}$$

$$Z_1 = 671308 + 0,15 \cdot 2237692,25 = 1006961,5 \text{ руб./год}$$

Для конструкций с жидкой резиной:

$$C_{\text{смп}}^2 = \frac{1,5K_2}{10} = \frac{1,5 \cdot 2901312,89}{10} = 435197 \text{ руб./год}$$

$$Z_2 = 435197 + 0,15 \cdot 2901312,89 = 870394 \text{ руб./год}$$

Тогда $\Delta_{\text{год}} = 1006961,5 - 870394 = 136567,5 \text{ руб./год}$

Из полученных данных видно, что предлагаемая методика позволяет сократить расходы на обслуживание навесного фасадного ограждения на 13,6%. Что немаловажно в условиях действия политики ускоренного и экономного строительства.

Выводы по третьему разделу:

1. Использование двухкомпонентной латексной эмульсии «Дорфлекс» в качестве гидроизоляционного слоя при устройстве конструкций навесного типа позволяет снизить общий вес наружного ограждения без потери им требуемых теплотехнических и влажностных показателей.

2. Метод холодного бесшовного напыления жидкой резины способствует сокращению сроков монтажа, при этом сохраняя их высокое качество.

3. Установленная фактически величина трудозатрат по нанесению полимерной гидроизоляции составила 1,8 чел – час на 100 м² ограждающей конструкции.

4. Установка фасадного утепления инновационным способом позволяет уменьшить эксплуатационные расходы на 100 м² навесного ограждения в течение всего срока службы на 136567,5 руб./год, что составляет 13,6% по сравнению с традиционной технологией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих конструктивных схем по устройству навесных фасадных систем показал, что на сегодняшний день известно более 20 различных вариантов. Их основными особенностями являются: конфигурация несущего каркаса, тип облицовочных материалов и способы его установки. Обобщенные показатели теплопередачи конструкций численно равны и зависят от условий эксплуатации строительных объектов.

2. Оценка технико – технологических решений показала, что одной из основных причин снижения энергоэффективности навесного ограждения – несовершенство элементов крепления парогидроизоляционного слоя. Это влечет за собой вероятность естественного переувлажнения утеплителя, ведущего к снижению его теплоизолирующих свойств и преждевременному разрушению.

3. По результатам обзора материалов, применяемых в фасадных системах навесного типа, было выявлено, что основную долю наружного утепления составляют конструкции с использованием минераловатных плит (80%), не смотря на их возможность естественного переувлажнения. В качестве гидроизоляции широко используют рулонные материалы (геотекстиль или мембраны), однако необходимо учитывать наличие большого количества метиз для их закрепление в толще ограждения, что повышает трудоемкость производимых работ. Наиболее распространенными облицовочными материалами являются: керамогранит, фиброцемент, композитные и полимерные панели.

4. Внесено предложение по замене гидроизоляционного слоя с рулонного материала Изоспан QA proff на напыляемую двухкомпонентную латексную эмульсию «Дорфлекс». Согласно проведенным расчетам использование битумно – полимерной мастики позволяет снизить общий вес наружного ограждения без потери им требуемых теплотехнических и влажностных показателей.

5. Разработаны мероприятия по повышению эффективности производства монтажных работ - метод холодного бесшовного напыления пароизоляционного слоя. Предлагаемый метод способствует сокращению сроков монтажа, при этом сохраняя их высокое качество. Установленная фактически величина трудозатрат по нанесению полимерной гидроизоляции составляет 1,8 чел – час на 100 м² ограждающей конструкции.

6. По результатам оценки предлагаемых мероприятий было выявлено, что использование жидкой резины в качестве альтернативы рулонным материалам позволяет снизить расходы на обслуживание 100 м² конструкции на 136567,5 руб./год в течение всего срока службы ограждения.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что усовершенствованная конструкция навесного фасадного утепления соответствует всем требованиям, предъявляемым к элементам энергоэффективных зданий [43] и имеет право считаться перспективным направлением развития энергосберегающих технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Асаул, А.Н. Феномен инвестиционно-строительного комплекса или сохраняется строительный комплекс страны в рыночной экономике. / А.Н. Асаул // Наука о строительстве. – 2009. - №28. – с. 15-20.
2. Бадьин, Г.М. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий / Г.М. Бадьин, С.А. Сычев. – М. : АРТ-Пресс, 2010. – 526 с.
3. Белецкий, Б.Ф. Технология строительного производства: учебник / Б.Ф. Белецкий. – М. : АСВ, 2001. – 418 с.
4. Бобров, Ю.Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учебник для средних профессионально-технических учебных заведений / Ю.Л. Бобров, Е.Г. Овчаренко, Б.М. Шойхет. – М. : ИНФРА-М, 2003. – 268 с.
5. Борисов, Н.А. Гидроизоляция строительных объектов методом холодного бесшовного напыления жидкой резиной / Н.А. Борисов // Scientific Cooperation Center «Interactiveplus». – 2018. - №7. – с.84-89.
6. Бузырев, В.В. Строительная экономика: учебник / В.В. Бузырев. – СПб. : ПИТЕР, 2015 – 486 с.
7. Ватин, Н.И. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем / Н.И. Ватин // Кровельные и изоляционные материалы. – 2010. - №6. – с. 15-20.
8. Воробьев, В.Н. Навесные фасадные системы. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности: учебное пособие / В.Н. Воробьев. – Владивосток: ПортАктивСтрой, 2017. – 44 с.
9. ГОСТ 30494 – 2011. Параметры микроклимата в помещениях. – М. : Изд-во стандартов, 2011. – 12 с.
10. ГЭСН-81-02-15-2001 Сборник №15 Отделочные работы: нормативно-технический материал. – М. : РОССТРОЙ, 2008 – 117 с.

11. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е5. Выпуск 1.: нормативно-технический материал. – М. : Стройиздат, 1986. – 25 с.
12. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е8. Выпуск 1-40. Выпуск 3-8.: нормативно-технический материал. – М. : Стройиздат, 1998. – 28 с.
13. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е11.: нормативно-технический материал. – М.: Стройиздат, 1986. – 68 с.
14. Иванов, П.Д. Экологичная архитектура / П.Д. Иванов // Экология и жизнь. – 2006. - №10. – с. 90-112.
15. Казаринов, К.Е. Будущее строительства / К.Е. Казаринов // GEO: Непознанный мир Земля. – 2000. - №10. – с. 26-30.
16. Ковалев, В.И. Дом родом из Канады / В.И. Ковалев // Идеи вашего дома. – 2010. - №3. – с. 54-59.
17. Косо, Й. Ваш новый дом. Энергосберегающие технологии: учебник / Й. Косо. – М. : Контэнт, 2008. – 232 с.
18. Майнерт, З. Теплозащита жилых зданий: учебник / З. Майнерт. – М. : Стройиздат, 1985. – 208 с.
19. Малявина, Е.Г. Строительная теплофизика: учебное пособие / Е.Г. Малявина. - М. : ГОУ ВПО МГСУ, 2011. – 73 с.
20. Матвеев, Е.П. Технические решения по усилению и теплозащите конструкций жилых и общественных зданий (чертежи, узлы, детали, расчеты, технология производства): учебник / Е.П. Матвеев, В.В. Мешечек. – М. : АрхиС, 1998. – 485 с.
21. Методические рекомендации по аналитической оценке пожарной опасности навесных фасадных систем с воздушным зазором: учебное пособие / под редакцией Ю.А. Ким. – М. : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2014. – 52 с.

22. Мещерякова, А.А. Анализ фасадных конструкций, применяемых в Российской Федерации и за рубежом / А.А. Мещерякова, В.Н. Шишканова // сборник научных трудов по итогам международной научно – практической конференции «Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения». - 2018. - №5. – с. 55-57.

23. Мещерякова, А.А. Инновационные материалы для гидроизоляции навесных фасадных конструкций / А.А. Мещерякова, В.Н. Шишканова // Наука и образование: новое время. – 2018. - №6. – с. 35-39.

24. Мещерякова, А.А. Исследование рынка полимерных теплоизолирующих материалов / А.А. Мещерякова, А.В. Крамаренко // Наука. Техника. Технологии. – 2018. - №1. – с. 219-221.

25. Мотяев, М.А. Азбука навесных фасадов с воздушным зазором: учебник / М.А. Мотяев. - М. : Стройиздат, 2005. – 104 с.

26. Официальный сайт компании ООО «Инновационные технологии» [Электронный ресурс], - URL : <http://intechizol.ru/products/hydro/bitum-latex/dorflex/> (дата обращения: 06.04.2019).

27. Письмо ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко от 11.05.2012 г. №5-72 о пожарной опасности навесных вентилируемых фасадов «U-KON» с облицовкой кассетами из алюминиевых композитных панелей «U-KON - Композит» и стальных композитных панелей «U-KON Композит St» [Электронный ресурс]. – URL : <http://tsniisk.ru/info/fire-safety/laboratoriya-protivopozharnykh-issledovaniy/> (дата обращения: 09.11.2018).

28. Письмо ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко от 27.03.2015 г. №5-61 о пожарной опасности навесных вентилируемых фасадов «U-KON» с облицовкой объемными керамическими плитами [Электронный ресурс]. – URL : <http://tsniisk.ru/info/fire-safety/lspb/> (дата обращения: 15.12.2018).

29. Покровская, Ю.В. Энергоаудит в строительстве / Ю.В. Покровская // Экономика. Техника. Технологии. – 2004. - №10. – с. 64-69.

30. Пономарев, В.А. Архитектурное конструирование: учебник / В.А. Пономарев. - М. : Архитектура - С, 2008. - 738 с.
31. Прокофьева, Ю.А. Некоторые аспекты ремонтно-восстановительных мероприятий при работе с натуральным каменным материалом / Ю.А. Прокофьева, А.В. Крамаренко // Наука и образование: новое время. – 2017. - №2. – с. 35-37.
32. Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий. – М. : МОСКОМАРХИТЕКТУРА, 2002. – 104 с.
33. Самарин, О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность / О.Д. Самарин. – М. : АСВ, 2011. – 296 с.
34. Самаркин, А.П. Экодом – тепловая крепость / А.П. Самаркин // Идеи вашего дома. – 2009. - №5. – с. 15-21.
35. Свод правил: СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий: нормативно-технический материал. – М. : [б.и.], 2012. – 100 с.
36. Свод правил: СП 112.13330.2011 Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М. : [б.и.], 2011. – 29 с.
37. Свод правил: СП 131.13330.2012 Строительная климатология: нормативно-технический материал. – М. : [б.и.], 2012. – 113 с.
38. СТО НОСТРОЙ 2.14.67 – 2012 Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования по производству и контролю работ. – М. : [б.и.], 2013. – 58 с.
39. Теличенко, В.И. Технология возведения зданий и сооружений: учебник для строительных вузов / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лapidус. – М. : Высшая школа, 2004. – 446 с.
40. Технические рекомендации 161-05. ТР по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем: нормативно – технический материал. – М. : АС-Пресс, 2011. – 14 с.
41. Тимошкин, Т.В. Исследование оптимальных возможностей использования минераловатных и пенополистирольных плит в качестве

утепления фасадных систем / Т.В. Тимошкин, А.В. Крамаренко // Наука и образование: новое время. – 2017. - №2. – с. 38-42.

42. Типовая технологическая карта №23. ТТК на монтаж вентилируемого фасада с облицовкой композитными материалами: нормативно – технический материал. – М. : Стройиздат, 2006. – 21 с.

43. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 27.12.2018) // «Законодательство РФ», 16.01.2019, № 5, ст.11.

44. Хоменко, В.П. Справочник по теплозащите зданий: учебное пособие / В.П. Хоменко, Г.Г. Фаренюк. – Киев. : Будівельник, 1986. – 216 с.

45. Швец, П.И. Справочник строителя-отделочника / П.И. Швец, В.А. Глинкин, Ю.А. Титов. – Киев. : Будівельник, 1986. – 304 с.

46. Экономика строительства: учебник / под общей ред. И.С. Степанова. – М. : Юрайт-Издат, 2003. – 591 с.

47. Юдина, А.Ф. Строительство жилых и общественных зданий: учебник / А.Ф. Юдина. – СПб. : Мосарх, 2011 – 398 с.

48. Яворский, А.А. Анализ надежности фасадных теплоизоляционно – отделочных систем с вентилируемым воздушным зазором / А.А. Яворский, С.А. Киселев // Технические науки. – 2012. - №4. – с. 42-45.

49. Brown, E.R. Ventilating facades from South Africa / E.R. Brown // Buildotech Magazine. – 2016. - №4. – с. 87-101.

50. Kreisel D.R. Heating facade from Germany / D.R. Kreisel // Inter magazine. – 2017. - №2. – с. 1-10.

51. Polanik, N.E. Heating walls without problems / N.E. Polanik // Heat in houses. – 2016. - №5. – с. 84-97.

52. Vincent, T.H. 200 Short Questions and Answers in Civil Engineering / T.H. Vincent // Architecture Journal. – 2018. - №1. – с. 15-31.

53. Zinger, P.A. Facade designing from all over the world / P.A. Zinger // Young Designer. – 2015. - №2. – с. 34-38.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Принципиальная схема конструкции навесного фасада с использованием жидкой резины

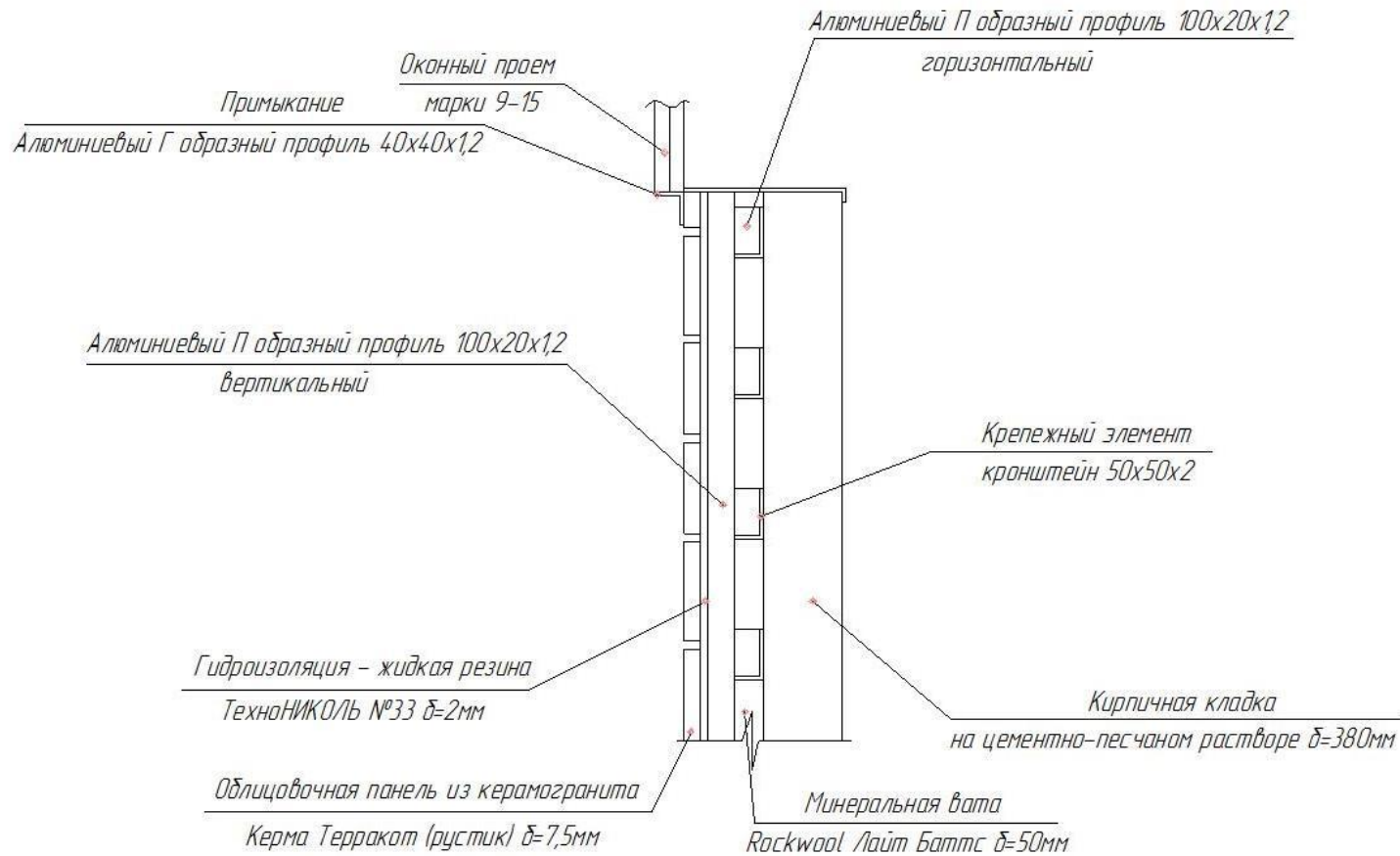


Рисунок А.1 – Схема конструктивного устройства фасадного утепления с применением двухкомпонентной битумно – полимерной мастики

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Графики распределения температуры в толще ограждения при $t_n = \text{минус } 30^\circ \text{ С}$

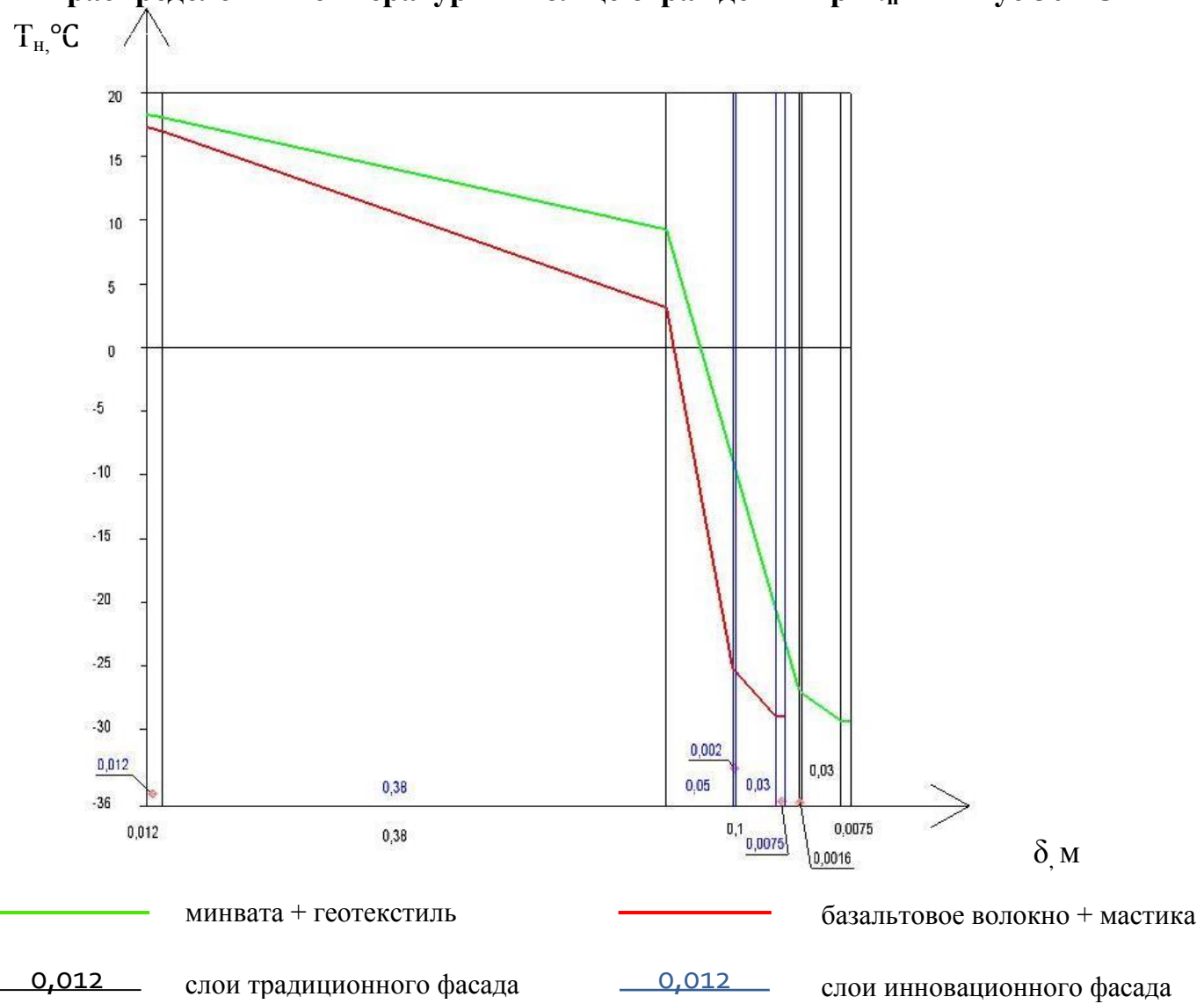


Рисунок Б.1 – График распределения температуры в толще навесного фасадного утепления

ПРИЛОЖЕНИЕ В

График изменения температуры в слоях ограждения при $t_{н} = t_{ян} = \text{минус } 13,5^{\circ}\text{C}$

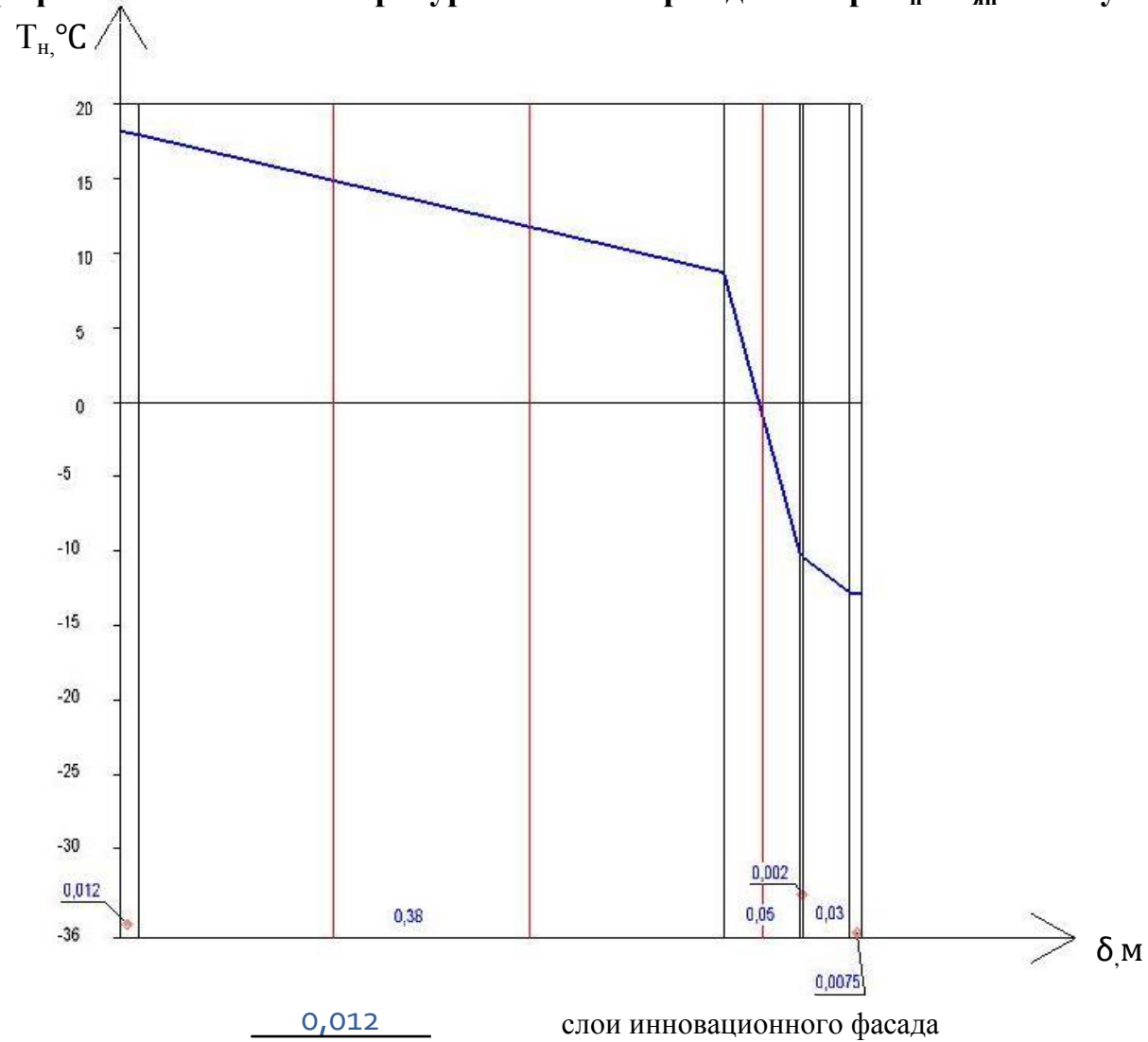


Рисунок В.1 – График снижения температурного градиента в слоях навесного вентилируемого фасада

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Графики продолжительности работ по монтажу фасадов навесного типа

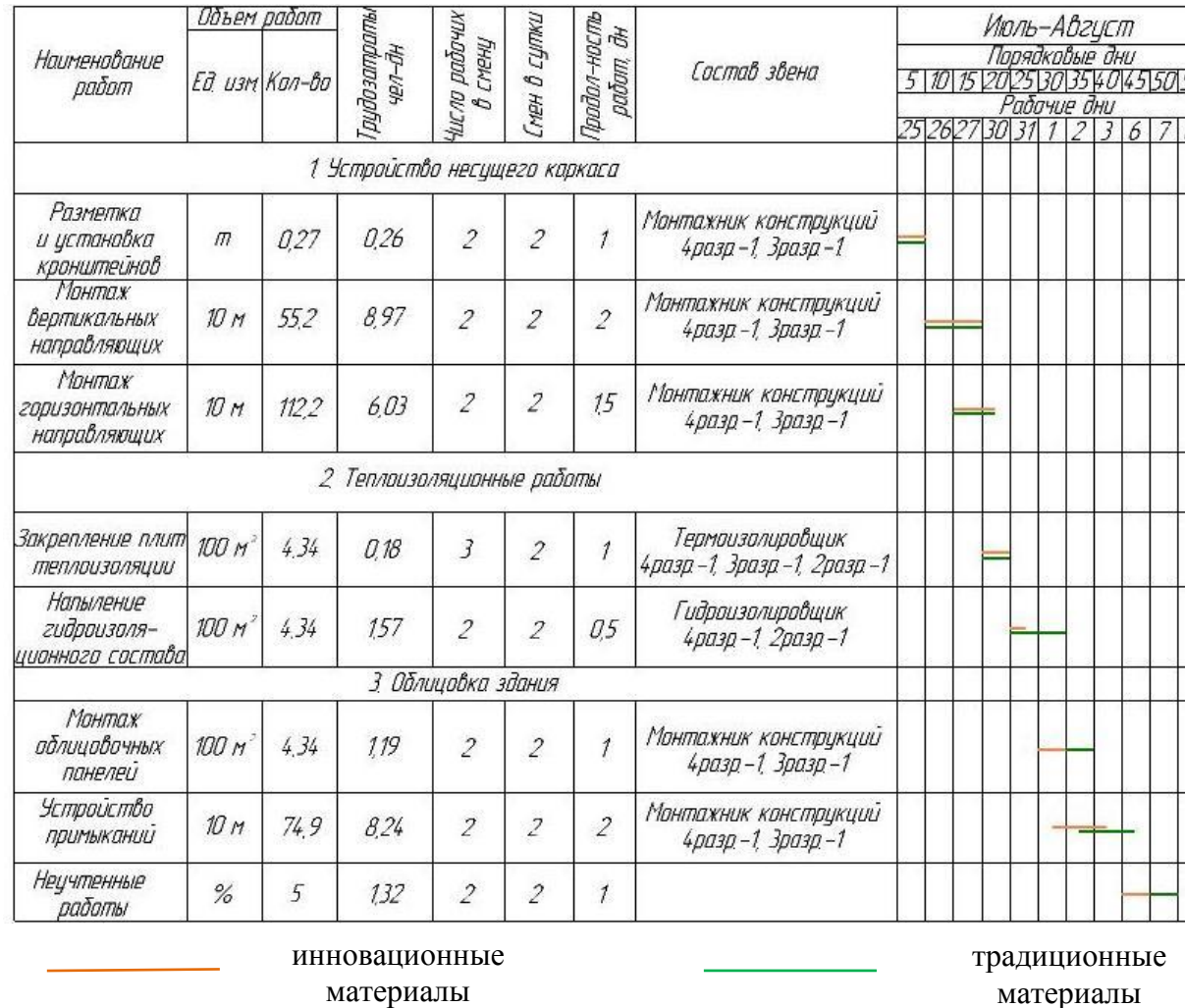


Рисунок Г.1 – Графики производства работ при монтаже фасадных конструкций

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Локальные ресурсные сметные расчеты
УТВЕРЖДАЮ

Подрядчик

Заказчик

наименование (объекта) стройки

ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № РС-1252

(локальная ресурсная смета)

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание : ЛС-1252

Сметная стоимость 2237,69 тыс. руб.

Средства на оплату труда 422,24 тыс. руб.

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на Март 2019 г. ФСНБ-2001 (редакция 2017 г.)

№ п.п.	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Ед. изм.	Количество единиц по проектным данным	Сметная стоимость, руб.	
					на единицу измерения	общая
1	2	3	4	5	6	7
1	15-01-090-03	Устройство вентилируемых фасадов с облицовкой плитами из керамогранита: с устройством теплоизоляционного слоя	100 м2	4,34	101 868,28	442 108,33
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	1602,3714	235,23	376 925,82
	1-1040	Рабочий строитель среднего разряда 4		4		
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	160,0592	283,13	45 317,56
	91.06.06-047	Подъемники одномачтовые, грузоподъемность до 500 кг, высота подъема 35 м	маш.-ч	160,0592	407,24	65 182,51
2	Прайс	Кронштейн алюминиевый 50x50x2 мм	шт.	2412	8,06	19 440,72
3	Прайс	П-обр. 100x20x1,2 мм L-3 м	м п.	1674	165,14	276 444,36
4	Прайс	Г-обр. 40x40x1,2 мм L-3 м	м п.	749	76,07	56 976,43
5	12.2.05.10-0016	Плиты минераловатные "Лайт-Баттс" ROCKWOOL	м3	0,072	2 611,15	188,00
6	Прайс	Изоспан QA proff	рул.	6	5 005,00	30 030,00
7	Прайс	Облицовочная панель Керама Терракот	м2	434,52	1 100,00	477 972,00
		ИТОГИ ПО СМЕТЕ				
		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1602,3714		376 925,82
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	160,0592		45 317,56
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1762,4306		422 243,38
		Стоимость эксплуатации машин				65 182,51
		Стоимость материалов, учтенных в расценках				861 051,51
		Стоимость материалов, не учтенных в расценках				861 051,51
		Итого прямые затраты по смете				1 303 159,84
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 105%x0,85=89% от ФОТ текущего 422243,38				375 796,61
		Сметная прибыль				

Стр. 1

Рисунок Д.1 – Сметная стоимость работ по монтажу навесного фасадного утепления традиционным способом

1	2	3	4	5	6	7
		Сметная прибыль 55%х0,8=44% от ФОТ текущего 422243,38				185 787,09
		Итого по смете с накладными расходами и сметной прибылью				1 864 743,54
	ФЗ РФ от 03.08.2018 № 303-ФЗ	Налоги 20%				372 948,71
		Итого ВСЕГО ПО СМЕТЕ				2 237 692,25 2 237 692,25

Проверил

Составил

Примечание:

Стр. 2

Рисунок Д.2 – Сметная стоимость работ по монтажу навесного фасадного
утепления традиционным способом

Подрядчик

УТВЕРЖДАЮ

Заказчик

наименование (объекта) стройки

ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № РС-1253

(локальная ресурсная смета)

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание : ЛС-1253

Сметная стоимость 2901,31 тыс. руб.

Средства на оплату труда 448,89 тыс. руб.

Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на Март 2019 г. ФСНБ-2001 (редакция 2017 г.)

№ п.п.	Шифр, номера нормативов и коды ресурсов	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Ед. изм.	Количество единиц по проектным данным	Сметная стоимость, руб.	
					на единицу измерения	общая
1	2	3	4	5	6	7
1	15-01-090-03	Устройство вентилируемых фасадов с облицовкой плитами из керамогранита: с устройством теплоизоляционного слоя	100 м2	4,34	101 868,28	442 108,33
1		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1602,3714	235,23	376 925,82
1-1040		Рабочий строитель среднего разряда 4		4		
2		Оплата труда машинистов	чел.-ч	160,0592	283,13	45 317,56
91.06.06-047		Подъемники одномачтовые, грузоподъемность до 500 кг, высота подъема 35 м	маш.-ч	160,0592	407,24	65 182,51
01.7.06.14-0027		Лента двухсторонняя	кг		141,48	
01.7.15.07-0148		Дюбель распорный, марка IZM, размер 10x200 мм	100 шт.		562,90	
07.2.06.06		Конструкции металлические и элементы крепежные вентилируемых фасадов	компл.			
12.1.01.03		Материал гидроветрозащитный	м2	447,02		
12.2.03.15		Утеплитель	м3			
13.2.04.02		Плиты облицовочные	м2	425,32		
2	Прайс	Кронштейн алюминиевый 50x50x2 мм	шт.	2412	8,06	19 440,72
3	Прайс	П-обр. 100x20x1,2 мм L-3 м	м п.	1674	165,14	276 444,36
4	Прайс	Г-обр. 40x40x1,2 мм L-3 м	м п.	749	76,07	56 976,43
5	12.2.05.10-0016	Плиты минераловатные "Лайт-Баттс" ROCKWOOL	м3	0,072	2 611,15	188,00
6	Прайс	Облицовочная панель Керама Терракот	м2	434,52	1 100,00	477 972,00
7	29-01-185-01	Гидроизоляция бетонных и железобетонных поверхностей битумно-латексной эмульсией способом напыления: в один слой толщиной 3 мм	100 м2	4,34	123 108,22	534 289,72
1		Оплата труда рабочих	чел.-ч	107,8056	216,60	23 350,69
1-1033		Рабочий строитель среднего разряда 3,3		3,3		
2		Оплата труда машинистов	чел.-ч	13,3672	246,33	3 292,74
91.05.05-013		Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 6,3 т	маш.-ч	0,217	1 022,02	221,78

Стр. 1

Рисунок Д.3 – Сметная стоимость работ по устройству фасадного ограждения методом холодного бесшовного напыления

1	2	3	4	5	6	7
91.06.05-011	Погрузчик, грузоподъемность 5 т		маш.-ч	13,1502	852,18	11 206,34
91.18.01-011	Компрессоры передвижные с электродвигателем давлением 600 кПа (6 ат), производительность: 0,5 м3/мин		маш.-ч	6,076	25,03	152,08
91.21.01-012	Агрегаты окрасочные высокого давления для окраски поверхностей конструкций, мощность 1 кВт		маш.-ч	11,1538	52,20	582,23
01.2.03.05-0001	Праймер "InnoPrimer"		кг	217	81,65	17 718,05
01.2.03.07-0027	Эмульсия битумно-латексная "DorFlex" ("Дорфлекс")		кг	2300,2	206,02	473 887,20
01.3.05.16-0012	Кальций хлористый технический, сорт I		т	0,23002	30 941,95	7 117,27
01.7.03.01-0002	Вода водопроводная		м3	2,3002	23,51	54,08
ИТОГИ ПО СМЕТЕ						
	Оплата труда рабочих		чел.-ч	1710,177		400 276,51
	Оплата труда машинистов		чел.-ч	173,4264		48 610,30
	Фонд оплаты труда		чел.-ч	1883,6034		448 886,81
	Стоимость эксплуатации машин					77 344,94
	Стоимость материалов, учтенных в расценках					498 776,60
	Стоимость материалов, не учтенных в расценках					831 021,51
	Стоимость материалов					1 329 798,11
	Итого прямые затраты по смете					1 807 419,56
	Накладные расходы					408 568,03
	в том числе:					
	105%×0,85=89% от ФОТ текущего 422243,38					375 796,61
	145%×0,85=123% от ФОТ текущего 26643,43					32 771,42
	Сметная прибыль					201 773,15
	в том числе:					
	55%×0,8=44% от ФОТ текущего 422243,38					185 787,09
	75%×0,8=60% от ФОТ текущего 26643,43					15 986,06
	Итого по смете с накладными расходами и сметной прибылью					2 417 760,74
	Налоги					
ФЗ РФ от 03.08.2018 № 303-ФЗ	20%					483 552,15
	Итого					2 901 312,89
	ВСЕГО ПО СМЕТЕ					2 901 312,89
	<u>Проверил</u>					
	<u>Составил</u>					
	<u>Примечание:</u>					

Рисунок Д.4 – Сметная стоимость работ по устройству фасадного ограждения методом холодного бесшовного напыления