МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 (*наименование института*)

Кафедра «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

 (*наименование кафедры*)

**ОТЧЕТ**

(*наименование практики*)

**обучающегося \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

*(И.О. Фамилия)*

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**ГРУППА \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**РУКОВОДИТЕЛЬ**

**ПРАКТИКИ**: **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

 *(И.О. Фамилия****)***

**ДАТА СДАЧИ ОТЧЕТА\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель практики от организации

(предприятия, учреждения, сообщества)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Тольятти 20\_\_

**АННОТАЦИЯ**

В исследовании проведен анализ санитарно - гигиеницеской апробанции теплоизоляционных покрытий для зданий. Было выявлено, что наиболее уязвимым элементом, определяющим долговечность системы, является стойкость фасадной штукатурки. Критерием отказа системы является разрушение штукатурного покрытия при сохранении в течение некоторого времени незащищённым утеплителем своих физико-механических и теплотехнических свойств, санитарно – гигиеницеские вийства. Долговечность теплоизоляционного материала можно считать заведомо более высокой, чем у штукатурного слоя.

Исследование состоит из 57 стр. записки, 4 рисунокв, 8 таблиц,45 источников литературы.

**Реферат**

Значимыми факторами, влияющими на эксплуатационную надёжность и долговечность и санитарно – гигиеницеские свойства штукатурного покрытия, являются следующие:

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

- накопление влаги в толще стены за годовой период её эксплуатации и её сверхнормативное увлажнение с выпадением конденсата в зимний период;

- замачивание стены при действии осадков в переходные периоды «зима- весна» и «осень-зима», опасное с точки зрения сочетания значительного увлаж-нения штукатурного покрытия с циклическим замораживанием-оттаиванием.

Актуальным является вопрос о сохранении санитарно – гигиеницеские свойств наружнои изоляций стен при влажностном режиме наружной стены при применении пенополистирольного утеплителя с относительно низким коэффициентом паропроницаемости ц = 0,05 мг/(м-ч-Па) в системе фасадной теплоизоляции. Возможное накопление влаги в толще стены за годовой период её эксплуатации и сверхнормативное увлажнение стены с выпадением конденсата за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха приведёт к снижению теплоизоляционных свойств стены, попеременному замораживанию оттаиванию в весенне-осенний период и снижению долговечности ограждающей конструкции с точки зрения морозостойкости. Что касается действия третьего фактора, то на время кратковременного замачивания фасада в результате косого дождевания с последующим осушением штукатурное покрытие защищено гид- рофобизатором, содержащимся в его составе.

Ключевым фактором, определяющим долговечность системы теплоизоляции, является стойкость фасадной штукатурки к растрескиванию в процессе экс-плуатации под действием усадочных и термомеханических напряжений, возни-кающих в условиях стеснённой усадки и стеснённых температурных деформа-ций. Важнейшей характеристикой штукатурных покрытий, наряду с прочностью на растяжение и адгезией к основе, определяющей их трещиностойкость и влияющей на долговечность, является предельная растяжимость, количественные значения которой не представлены в паспортных характеристиках ни одним производителем сухих штукатурных смесей и систем фасадной теплоизоляции.

Таким образом, применительно к системам фасадной теплоизоляции суще-ствуют несколько актуальных вопросов, связанных с обеспечением их эксплуатационной надёжности и долговечности, требующих дополнительных исследований и решений

Цель работы заключается в исследовании стойкости штукатурных покрытий в системах фасадной теплоизоляции в климатических условиях при действии усадки и перепадов температур, изучении характер-ных дефектов и причин их возникновения, имеющих место в процессе эксплуата-ции таких систем, а также разработке рекомендаций по совершенствованию тех-нологии исполнения систем фасадной теплоизоляции с целью повышения их экс-плуатационной надёжности и долговечности.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- сохранение санитарно – гигиеницеские свойства гидроизоляционнои штукатурки;

- выявление и систематизация основных факторов, воздействующих на штукатурные покрытия в процессе их эксплуатации и влияющих на их долговечность;

исследование напряжённого состояния штукатурных покрытий от действия усадки штукатурки и перепада температур на различных по жесткости основах, включая работу штукатурки в системе фасадной теплоизоляции;

экспериментальные исследования предельной растяжимости и трещиностой- кости различных вариантов штукатурных растворов под действием фактора усадки, исследование роли сеточного армирования в обеспечении трещиностойкости штукатурных покрытий;

- исследование влажностного режима наружной стены с фасадной теплоизоляцией при применении пенополистирольного утеплителя;

- реализация программы мониторинга объектов, возведённых в г. Уфе и Респуб¬лике Башкортостан с применение нескольких систем фасадной теплоизоляции в период 1994 - 2006 гг. Систематизация основных дефектов, возникающих при монтаже и эксплуатации, связанных с конструктивными ошибками и с наруше¬ниями технологии. Разработка рекомендаций по предотвращению дефектов;

разработка рекомендаций по наружной отделке стен зданий, выполненных в несъёмной пенополистирольной опалубке, с использованием тонкослойных шту- катурок.

**Содержание**

[ВВЕДЕНИЕ 9](#_Toc536487259)

[Основная часть 12](#_Toc536487260)

[1. Исследование в моделированных условиях 12](#_Toc536487261)

[2. Применение систем фасадной теплоизоляции для санации жилых домов первых массовых серий 19](#_Toc536487262)

[2.1. Общие сведения 19](#_Toc536487263)

[2.2.Применение систем фасадной теплоизоляции для санации жилых домов первых массовых серий 19](#_Toc536487264)

[2.3 Требования к утеплителям для систем фасадной теплоизоляции 22](#_Toc536487265)

[3. Санитарно – гигиеницеские требования при выполнении работ по монтажу систем фасадной теплоизоляции 31](#_Toc536487266)

[3.1. Описание процесса выполнения работ по теплоизоляции 31](#_Toc536487267)

[3.2.Расчётные модели для анализа напряжений в слоях штукатурного покрытия 33](#_Toc536487268)

[3.4.Требования, предъявляемые к штукатурным растворам 37](#_Toc536487269)

[3.5.Экспериментальное определение санитарно – гигиеницеские вийства 40](#_Toc536487270)

[Заключение 44](#_Toc536487271)

[Список используемых источников 48](#_Toc536487272)

[Приложения 53](#_Toc536487273)

**Обозначения и сокращения**

БОК ХВ - безопасное остаточное количество химического вещества

БПК - биологическое потребление кислорода

Вт - ватт

ВЧ - высокочастотные излучения

ГН - гигиенические нормативы

ГХЦГ - гексахлорциклогексан

ДНК - дезоксирибонуклеиновая кислота

МДУ - максимально допустимые уровни

МЗ и СР РФ - Министерство здравоохранения и социального

развития Российской Федерации

МУ - методические указания

МУК - методические указания по методам контроля

НИИ - научно-исследовательский институт

ОВ - отравляющие вещества

ОС - окружающая среда

ПАА - полиакриламид

ПД - предел дозы

ПДК - предельно допустимая концентрация

ПДУ - предельно допустимые уровни

ПДУВ ХВ - предел допустимого уровня внесения химического вещества

СГМ - социально-гигиенический мониторинг

СН - санитарные нормы

СП - санитарные правила

СЭЛ - санитарно-эпидемиологическая лаборатория

СЭН - санитарно-эпидемиологический надзор

ТУ - территориальные органы управления Роспотребнадзора Российской Федерации

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из конструктивных решений теплоэффективных наружных стен, получивших в настоящее время широкое распространение в проектировании и строительстве жилых домов и зданий другого назначения в России, является фасадная теплоизоляция с оштукатуриванием по сетке. Данный тип теплоэффективной стены может применяться как при новом строительстве, так и при реконструкции и санации существующих зданий. Кроме того, один из элементов такой системы - тонкая многослойная армиро­ванная штукатурка применяется для наружной отделки стен зданий, выполнен­ных в несъёмной пенополистирольной опалубке.

Система фасадной теплоизоляции с оштукатуриванием по сетке должна продолжительный период сохранять первоначальные теплозащитные и гидро­защитные свойства при эксплуатационных воздействиях на уровне, предусмот­ренном проектом. Большинство разработчиков систем фасадной теплоизоляции определяют безремонтный срок службы для своих систем в пределах 30-40 лет, однако в реальных условиях зачастую наблюдаются признаки отказов сис­темы уже через несколько лет.

Между тем, методики испытаний долговечности отдельных элементов фа­садной теплоизоляции и системы в целом в России не разработаны. Отсутству­ют сведения о наличии таких методик у зарубежных фирм. Рекламная докумен­тация этих фирм использует примеры масштабного применения таких систем утепления в разных странах, но не содержит каких-либо сведений о результатах корректного определения изменений свойств теплоизоляционных и отделочных материалов и систем в целом в процессе эксплуатации. Отсутствие методик ис­пытаний приводит к тому, что в настоящее время технические свидетельства о пригодности систем утепления наружных стен к применению в строительстве на территории РФ оформляются без полных испытаний их эксплуатационных характеристик и без испытаний долговечности.

Ключевым моментом в обеспечении долговечности системы фасадной те­плоизоляции является стойкость фасадных штукатурок в процессе эксплуата­ции к действию внешних факторов. Для штукатурных покрытий на цементной основе существует проблема растрескивания и потери сцепления с основанием при действии усадки штукатурного слоя и перепадов температур. Важнейшей характеристикой штукатурных покрытий, наряду с прочностью на растяжение и адгезией к основе, определяющей их трещиностойкость и влияющей на дол­говечность, является предельная растяжимость штукатурок, количественные значения которой не представлены в паспортных характеристиках ни одним производителем сухих штукатурных смесей и систем фасадной теплоизоляции.

Актуальным также является вопрос о влажностном режиме наружной сте­ны при применении пенополистирольного утеплителя с относительно низким коэффициентом паропроницаемости в системе фасадной теплоизоляции. Воз­можное накопление влаги в толще стены за годовой период её эксплуатации и сверхнормативное увлажнение стены с выпадением конденсата за период с от­рицательными среднемесячными температурами наружного воздуха могут при­вести к снижению теплоизоляционных свойств стены, попеременному замора­

живанию-оттаиванию в весенне-осенний период и снижению долговечности ограждающей конструкции с точки зрения морозостойкости.

Таким образом, применительно к системам фасадной теплоизоляции суще-ствуют несколько актуальных вопросов, связанных с обеспечением их эксплуа¬тационной надёжности и долговечности, требующих дополнительных исследо¬ваний и решений.

Настоящая работа посвящена исследованию стойкости штукатурных покрытий на цементной основе в системах фасадной теплоизоляции при дейст¬вии усадки и перепадов температур, изучению влажностного режима наружной стены при применении пенополистирольного утеплителя в системе фасадной теплоизоляции, анализу характерных дефектов и причин их возникновения, имеющих место в процессе эксплуатации таких систем, а также разработке рекомендаций по совершенствованию технологии исполнения систем фасадной теплоизоляции с целью повышения их эксплуатационной надёжности и долго¬вечности.

На защиту выносятся:

результаты исследований напряжённо-деформированного состояния штукатурных покрытий на поверхности однослойной стены и в системе фасад¬ной теплоизоляции при действии усадки штукатурных растворов и перепадов температур;

- экспериментальная методика и результаты определения предельной рас¬тяжимости и трещиностойкости штукатурных покрытий на основе бездобавоч- ных цементно-песчаных и модифицированных растворов под действием факто¬ра усадки;

- результаты исследования влажностного режима наружных стен при при¬менении пенополистирольного утеплителя в системе фасадной теплоизоляции;

классификация основных дефектов, связанных с конструктивными ошибками и нарушениями технологии, имеющих место в процессе эксплуата-ции систем фасадной теплоизоляции и анализ причин их возникновения;

- рекомендации по предотвращению основных типов дефектов и совер-шенствованию технологии монтажа систем фасадной теплоизоляции;

- рекомендации по технологии наружной отделки стен зданий, выполненных в несъёмной пенополистирольной опалубке с использованием тонких армированных штукатурок.

**Основная часть**

1. **Исследование в моделированных условиях**

Исследование биологической активности полимерных строительных материалов в моделированных условиях осуществляется при помощи специальной экспериментальной установки - климатической камеры или системы камер, в которые помещаются образцы оцениваемых полимерных материалов; систем и приспособлений, обеспечивающих создание и поддержание в них на заданном уровне необходимых условий (температуры, воздухообмена и др.), установок с дыхательными колпаками для постановки наблюдений на людях, набора затравочных камер (в которых размещаются экспериментальные животные) и аспирационной системы для отбора проб воздуха

Суть методического подхода заключается в том, что, благодаря моделированию в климатических камерах основных условий эксплуатации материалов, создается воздушная среда с качественными и количественными характеристиками химического загрязнения, характерными для соответствующих реальных условий эксплуатации.

Изготовлять климатические камеры следует из инертных материалов (химически стойкого стекла или нержавеющей стали). Могут быть использованы камеры различного типа, объемом не менеел.

К перечню условий, наиболее существенно влияющих на интенсивность миграции из материалов химических веществ в воздушную среду и в обязательном порядке подвергающихся регуляции, относятся:

- "насыщенность" ПСМ;

- температура воздуха;

- кратность воздухообмена;

- относительная [влажность](https://pandia.ru/text/category/vlazhnostmz/) воздуха.

"Насыщенность" представляет собой отношение единицы поверхности, объема или массы полимерного материала к единице объема помещения и выражается в м2/м3, м3/м3 или кг/м3. "Насыщенность" погонажных материалов с постоянным профилем можно выражать в м/м3.

Создание необходимой "насыщенности" в климатических камерах осуществляется следующим образом:

 Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Компонент | Количество, мол. % | Компонент | Количество, мол. % |
| Хлористый |
| водород | 74,5 | Г ептан | 0,1 |
| Этилен | 4,9 | Этан | 2,6 |
| Пропилен | 1,0 | Пропан | 0,6 |
| Бутен | 0,4 | Бутан | 0,3 |
| Пентен | 0,2 | Пентан | 0,1 |
| Гексен | 0,1 | Углекислый | газ 14,3 |

1) Выясняется реальная "насыщенность" материала в натурных условиях путем элементарных расчетов, исходя из назначения материала (покрытие пола, отделка стен, погонажные материалы, предметы мебели и т. д.) и объема помещения.

При термоокислительной деструкции некоторых полимерных материалов образуются высокотоксичные вещества: фосген, циа­нистый водород, сероводород, стирол, фенол, формальдегид и другие. При горении полимеров в отсутствии кислорода непол­ностью окисляются продукты пиролиза и образуются СО, С02, Н2, Ы2Р и другие газообразные вещества. Некоторые полимер­ные материалы при распаде образуют негорючие соединения, которые могут задерживать горение. Однако такие газы также весьма ядовиты. Пожароопасные свойства некоторых групп по­лимерных и синтетических материалов (табл. 1, 2) детально описаны М. В. Алексеевым, А. Г. Исправниковой (1966).В настоящее время отсутствуют единые методические под­ходы к изучению термической деструкции полимеров и методы химического анализа, позволяющие производить необходимую расшифровку продуктов термического разложения полимерных и синтетических материалов. В то же время многие исследова­тели отмечают, что период от начала термического разложения полимера до температуры его самовоспламенения является наи

Табли Оценка пожароопасности основных видов современных пластических масс

Большую группу полимеров, применяемых в гражданском и промышленном строительстве, составляют теплоизоляционные и акустические материалы. Сырьем для их изготовления служат термореактивные (мочевино-формальдегидные) и термопластич­

ные (полистирольные, полихлорвиниловые, полиуретановые) смолы.

Наибольшее применение в качестве тепло- и звукоизоляцион­ных материалов получили газонаполненные пластики, обладаю­щие хорошими физико-механическими и гигиеническими свой­ствами. По физической структуре они разделяются на: пенопла­сты, поропласты и сотопласты. Пенопластами называются пласт­массы с небольшим объемным весом, в структуре которых отме­чаются несообщающиеся между собой полости или ячейки, за­полненные газами или воздухом. Газонаполненные пластические материалы с открытыми взаимносообщающимися между собой полостями, образующими пористую структуру, представляют по­ропласты. Сотопластами условно называются газонаполненные пластмассы с системой регулярно повторяющихся ячеек пра­вильной геометрической формы.

Образование в пластмассах ячеек или полостей, заполненных газами или воздухом, связано с химическими, физическими или механическими процессами или сочетанием их. В результате хи­мических реакций добавляемые к синтетической смоле (поли­меру) вещества разлагаются, выделяя газ, который остается в пластмассе. Физическое воздействие на пластмассу основано на растворении в ней газа. В результате нагревания газ вновь выделяется из раствора, увеличивает объем пластмассы, взду­вает ее и образует пористую структуру. Механическое действие заключается в следующем. Жидкую искусственную смолу взби­вают, энергично перемешивают, что приводит к образованию пены.

Большинство методов получения пенопластов основано на введении в пластическую массу вспенивающих веществ (газо­образных, твердых или жидких). Из газообразных веществ, легко растворимых в смоляных составах, в основном использу­ются аммиак, углекислый газ, водяные пары. Твердыми вспе­нивающими веществами являются аммонийные соли минераль­ных и органических кислот, бикарбонаты, карбонаты щелочных и щелочно-земельных металлов и др. В группу жидких вспени­вающих веществ входят легкокипящие жидкости, являющиеся исходным продуктом полимера.

В строительстве в основном применяются следующие газона­полненные пластмассы: пенополихлорвинил, пенополистирол, пе­нопласт стиропор, мипора, пенополиуретаны, сотопласты и др.

Пенополихлорвинил. Представляет собой пластмассу в виде твердой пены с равномерной замкнуто-пористой структурой, за­полненной газом. Сырьем для получения его служит порошко­образная ПВХ-смола, метиловый эфир метакриловой кислоты.

стабилизатор (дифенилиндол, мочевина или сода), бикарбонат натрия и углекислый аммоний.

Пенополистирол. Имеет физическую структуру аналогичную пенополихлорвинилу. Сырьем для изготовления его служат эмульсионный полистирол и карбонат аммония, содержащий минимальное количество карбоната.

Из пенистого самогасящего полистирола, содержащего от 0,39 до 0,65% мономера, при температуре 20—40° С длительное время мигрирует стирол в количествах, вызывающих у экспери­ментальных животных биохимические и морфологические сдви­ги. Эти данные позволили заключить, что этот полимер не сле­дует применять в практике.

Стиропор. Представляет собой теплоизоляционную плиту, полученную из бисерного полистирола, обладает высокой водо­стойкостью и является самым легким и эффективным изоляци­онным материалом. За счет применения его вес наружных стен уменьшается в 10—15 раз. Стиропор хорошо защищает здания от солнечного перегрева. На внутренней стороне панели влага не конденсируется. Недостатком стиропора является раствори­мость его в бензине, бензоле, эфире, кетонах и терпентине, а также низкая стойкость по отношению к температурам выше 65° С.



Рисунок 1. Интенсивность выделение вредных веществ

**Пористый** материал белого цвета, представляющий собой отвердевшую пену из мочевино-формальдегидной смолы. Главным достоинством его является легкость, небольшая тепло­проводность, устойчивость к коррозии и горению, недостатком — низкая стойкость к воздействию влаги, хрупкость. Сырьем для изготовления мипоры служат .формалин, мочевина, глицерин, муравьиная, щавелевая и ортофосфорная кислоты, контакт Пет­рова (продукт сульфинирования солярового или веретенного масла или керосина), фосфорнокислый аммоний, резорцин и ед­кий натр.

Пенополиуретаны. Наиболее перспективные теплозвукоизо­ляционные материалы. Имеют небольшой объемный вес и обла­дают высокой механической прочностью. Замкнутая структура пор пенополиуретанов придает этому материалу высокие тепло­изоляционные свойства. Пенополиуретаны отличаются повышен­ной морозостойкостью и большой стойкостью к гидролизу. Ис­ходными материалами при производстве их служат полиэфиры, диизоцианаты, катализаторы, эмульгаторы, пластификаторы.

Из низкомолекулярных веществ могут выделять диизоциана­ты, толуол, фосген, синильную кислоту, пластификаторы и ката­лизаторы.

Сотопласты. Получили широкое применение среди теплозву­

коизоляционных матералов. Их используют в качестве основы для высокопрочных и легких трехслойных ограждающих кон­струкций. Изготовляют сотопласты из ткани, бумаги, шпона, стеклоткани, фольги и других веществ, методом горячего фор­мования с предварительным пропитыванием мочевино-формаль- дегидной, эпоксидной или полиэфирной смолой.

Изделия на основе стекловолокна и минеральной ваты. По сравнению с другими теплоизоляционными материалами имеют малый объемный вес (200—50 кг/см3).

Изделия на основе стекловолокна огнестойки, имеют высо­кий коэффициент звукопоглощения и повышенную вибростой- Кость. По теплозащитным свойствам материалы объемным ве­сом 50—60 кг/м3 и толщиной 5—6 см заменяют кирпичную сте­ну толщиной в 51 см.

Хорошими теплозвукоизоляционными свойствами обладает минеральная вата, которую получают пропитыванием волокон в процессе их образования раствором синтетических смол, в ос­новном феноло-формальдегидных. Сырьем для производства ее служат кислые доменные шлаки, базальты, диабазы, порфири- ты, граниты, мергели, глины, суглинки и другие виды глинистых материалов с добавлением доломита или известняка.

Перлитобетон. Один из перспективнейших теплозвукоизоля­ционных материалов. Из связующих при производстве перлито- бетонов применяют ПВАЭ или феноло- и мочевино-формальде- гидные смолы. Этот материал обладает высокими физико-меха­ническими и гигиеническими свойствами.

Пенопласты. Легкий пористый материал. Хорошими гигиени­ческими свойствами обладает пенопласт ФРП-1 на основе фено- ло-формальдегидной смолы ФРВ-1А, перлитостеклопласт на основе феноло-формальдегидной смолы, пенопласт ПСБ-6, пе. нополиуретановый поропласт, пенопласт ФРП-5, пенополиуреты ППУ-ЗН и ППУ-304Н. Эти полимеры рекомендованы в качестве теплозвукоизоляционного материала для трехслойной конструк­ции стен гражданских и промышленных зданий. Для звукоизо­ляции вычислительных центров, а также отдельных помещений общественных зданий, производственных помещений, оборудо­ванных принудительной вентиляцией, может быть применен по- лужесткий винипор на основе ПВХ-смолы Л-5.

Неблагоприятную гигиеническую оценку получил фенольный заливочный пенопласт ФЛ-3 и пеноэпоксид ПЭ-5, изготовленный на основе эпоксидной смолы ЭД-6. При температуре 20—60° С и насыщенности 1 м2/м3 из пеноэпоксида ПЭ-5 выделялись эпи- хлоргидрин, толуол, метафенилдиамин в количествах, в сотни раз превышающих их ДУ.

1. Применение систем фасадной теплоизоляции для санации жилых домов первых массовых серий
	1. Общие сведения

Наряду с новым строительством другое важное направление использования систем фасадной теплоизоляции - санация панельных и кирпичных жилых домов массовых серий постройки 50-80-х годов. Наилучшей технологией для санации является наружная теплоизоляция фасадов с применением пенополистирола и минераловатных утеплителей и тонкослойных штукатурок, т.к. она не создаёт значительных дополнительных нагрузок на стены. Данная технология является наиболее изученной и широко распространенной во всем мире. В настоящее вре­мя санацию жилых домов массовых серий проводят обычно в короткие сроки без отселения жильцов.

Санация - комплексное понятие, под которым подразумевается, прежде все­го, оздоровление и совершенствование технических и инженерно-технических решений благодаря приведению объекта в соответствие с современными требо­ваниями и нормами без изменения объёма жилого дома, а также повышение ар­хитектурных качеств жилого дома и жилой застройки [5]. Задачи санации вклю­чают, прежде всего, сокращение теплопотребления зданий, снижение эксплуата­ционных затрат, а также повышение комфортности жилья, повышение надежно­сти и долговечности домов. Сокращение теплопотребления должно достигаться за счет повышения теплозащиты всех ограждающих конструкций здания, т.е. доведения приведенных сопротивлений теплопередаче до уровня требований новых нормативных документов.

2.2.Применение систем фасадной теплоизоляции для санации жилых домов первых массовых серий

Наряду с новым строительством другое важное направление использования систем фасадной теплоизоляции - санация панельных и кирпичных жилых домов массовых серий постройки 50-80-х годов. Наилучшей технологией для санации является наружная теплоизоляция фасадов с применением пенополистирола и минераловатных утеплителей и тонкослойных штукатурок, т.к. она не создаёт значительных дополнительных нагрузок на стены. Данная технология является наиболее изученной и широко распространенной во всем мире. В настоящее вре­мя санацию жилых домов массовых серий проводят обычно в короткие сроки без отселения жильцов.

Санация - комплексное понятие, под которым подразумевается, прежде все­го, оздоровление и совершенствование технических и инженерно-технических решений благодаря приведению объекта в соответствие с современными требо­ваниями и нормами без изменения объёма жилого дома, а также повышение ар­хитектурных качеств жилого дома и жилой застройки [5]. Задачи санации вклю­чают, прежде всего, сокращение теплопотребления зданий, снижение эксплуата­ционных затрат, а также повышение комфортности жилья, повышение надежно­сти и долговечности домов. Сокращение теплопотребления должно достигаться за счет повышения теплозащиты всех ограждающих конструкций здания, т.е. доведения приведенных сопротивлений теплопередаче до уровня требований новых нормативных документов. При этом должны быть обеспечены не только

Специалистами ГУП ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко в 2013 г. было выполнено обследование и оценка технических характеристик ограждающих конструкций пятиэтажного крупнопанельного жилого дома серии К-7, возведённого на юго- западе Москвы в 1961 г [4,6]. Наружные стены дома выполнены из трёхслойных железобетонных панелей со средним слоем из минераловатных плит на битумном связующем. При обследовании технического состояния наружных стеновых па­нелей были отобраны образцы утеплителя для проведения лабораторных испыта­ний, а также уточнены размеры и состав трёхслойных панелей. Установлено, что внутренняя часть трёхслойных железобетонных панелей заполнена утеплителем из минераловатных плит на битумном связующем. Толщина утеплителя - 10 см, толщина стены - 18 см, наружный и внутренний бетонные слои - по 3,5 см, в зо­не стыков дополнительно уложен пенополистирол, толщина слоя - 2,7 см. Ре­зультаты лабораторных испытаний физико-механических характеристик утепли­теля на основе данных [4,6] приведены в таблице.

По результатам лабораторных испытаний материалов и обследования техни­ческого состояния наружных стеновых панелей крупнопанельных жилых домов серии К-7, возведённых в 1960-х годах, можно сделать вывод, что за длительный период эксплуатации (более 40 лет) физико-механические характеристики утеп­лителей (пенополистирол, минераловатные плиты), использованных при изготов­лении наружных панелей, существенно не изменились. Теплопроводность пено­полистирола увеличилась на 14%, а минераловатных плит - на 26%. В целом, со­противление стен теплопередаче снизилось на 20%. На основании этого можно с большой достоверностью утверждать о достаточной долговечности эффективных утеплителей - пенополистирола и минераловатных плит при правильном приме­нении и качественном выполнении работ [4,6].

Таблица 2 - Физико-механические характеристики утеплителей наружных стеновых панелей жилого дома серии К-7 после 40 лет эксплуатации

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель | Пенополистирол | Минплита на битумном связующем |
| Опытныйобразец | ГОСТ15588-86(М25) | Опытныйобразец | ГОСТ10140-80(М250) |
| Плотность, кг/м3 | 20,2 | 15-25 | 285,5 | 200-250 |
| Предел прочности при изгибе, кгс/см3 (105 Па) | 1,4 | 1,6 | 0,9 | 1,2 |
| Прочность при сжатии при 10% деформа­ции, кгс/см2 (105 Па) | 0,39 | 0,8 | - | - |
| Водопоглощение, % по объёму, за 24 часа | 2,8 | 3,0 | - | - |
| Сжимаемость, % | - | - | 1,2 | 5,5 |
| Влажность, % по массе | 0,37 | 2 | 2,7 | 2 |
| Содержание битумного связующего, %, не более | - | - | 21 | 18 |
| Теплопроводность, Вт/м-К, не более | 0,048 | 0,041 | 0,087 | 0,064 |

**2.3 Требования к утеплителям для систем фасадной теплоизоляции**

В качестве теплоизоляции применяются плотные жёсткие утеплители, по которым возможна установка системы штукатурных слоёв. Эти утеплители - пе-нополистирол и минераловатные плиты повышенной жёсткости. Толщина теп-лоизоляционного слоя принимается в соответствии с теплотехническим расчё-том, выполняемым по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [6,7], СП 23- 101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий» [71]и ТСН 23-318-2000РБ «Тепловая защита зданий» [8]. Основные требования к материалам, применяе-мым для утепления зданий [3]:

- обеспечение необходимого сопротивления теплопередаче при минималь¬ной толщине конструкции, что достигается применением материалов с расчёт¬ным коэффициентом теплопроводности 0,04-0,05 Вт/(м\*К);

- паропроницаемость материала должна иметь значения, исключающие накопление влаги при эксплуатации за годичный и зимний периоды;

- средняя плотность теплоизоляционных материалов ограничивается допус¬тимыми нагрузками на несущие конструкции и не должна превышать 200 кг/м ,

- обеспечение необходимой долговременной прочности и жесткости в каче-стве основы для нанесения штукатурного покрытия;

- обладать морозостойкостью, гидрофобностью, водостойкостью, биостойкостью и отсутствием токсичных выделений при эксплуатации.

Область применения различных видов утеплителей представлена в таблице

Таблица 2.1 - Область применения различпых видов утеплителе

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип утеплителя | Вентилируемый фа­сад | Двухслойная стена с оштукатуриванием по сетке | Внутреннее утепле­ние стен (со стороны помещения) | Трёхслойная стена на основе штучных сте­новых материалов | Трёхслойная ж/б па­нель | Металлические «сэн­двич-панели» | Утепление цоколь­ных этажей, подвалов |
| Базальтоволоконныеплиты | + | + | + | + | + | + | - |
| Стекловолокнистыеплиты | - | + | + | + | + | + | - |
| Беспрессовый пено­полистирол | - | + | + | + | + | + | - |
| Экструдированныйпенополистирол | - | + | + | + | + | + | + |
| Пенополиуретан | - | + | + | - | - | + | + |

Существуют два основных вида полистирола: экструдированный полисти-рол (ЭППС) (например, фирмы «Dow») и беспрессовый пенополистирол (ППС) (например, фирмы «БАСФ», Германия). Для строительной теплоизоляции в Ев¬ропе и в России распространение получил пенополистирол, изготавливаемый по беспрессовой технологии. В России плиты пенополистирольные на основе бес- прессового пенополистирола производят по ГОСТ 15588-86 [2,3] двух типов - ПСБ-С (с антипиреном) и ПСБ (без антипирена) со средней плотностью 15-50 кг/м3, теплопроводность в сухом состоянии 0,038 - 0,041 Вт / м °С. За рубежом беспрессовый пенополистирол представлен маркой «Styropor» фирмы «Basf», его теплопроводность 0,031 - 0,038 Вт / м °С, водопоглощение по объему 1-3 %, достаточно высокая прочность и жесткость. Физико-механические свойства пенополистирола «Styropor», по данным [7] приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 Физико-механические свойства пенополистирола марки «Styropor»

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателей | Марка по плотности |
| ПСБС-15 | ПСБС-20 | ПСБС-30 |
| Плотность, кг/мЗ | 15 | 20 | 30 |
| Группа горючести | В1,Трудновоспла-меняющийся | В1 ,Трудновоспла- меняющийся | В1 ,Трудновоспла- меняющийся J |
| Теплопроводность, Вт/(м-К), не более | 0,036-0,038 | 0,033-0,035 | 0,031-0,034 |
| Расчётное значение теплопро­водности, Вт/(м-К) | 0,04 | 0,04 | ї0,035 |
| Напряжение сжатия при 10% де­формации при сжатии, кПа | 65-100 | 110-140 | 200-250 |
| Длительная нагрузочная способ­ность под давлением при <2% деформации при сжатии, кПа | 20-30 | 35-50 | 70-90 |
| Прочность при изгибе, кПа | 150-230 | 250-310 | 430-490 |
| Прочность при сдвиге, кПа | 80-130 | 120-170 | 210-260 |
| Прочность при растяжении, кПа | 160-260 | 230-330 | 380-480 |
| Модуль упругости Е (испытание под давлением), МПа | 0,8-3,9 | 3,1-6,2 | 7,6-10,7 |
| Формоустойчивость при нагрева­нии кратковременная, °С | 100 | 100 | 100 |
| Долгосрочная при 20 кПа, °С | 75 | 80 | 80 |
| Термический коэффициент отно­сительного удлинения, 1/К | 5-7-10-5 | 5-7-10-5 | 5-7-10-5 |
| Удельная теплоёмкость, Дж/ (кг-К) | 1210 | 1210 | 1210 |
| Водопоглощение при полном по­гружении, % по объёмучерез 7 дней через 28 дней | 0,5-1,5 1,0-3,0 | 0,5-1,5 1,0-3,0 | 0,5-1,5 1,0-3,0 |
| Коэффициент сопротивления диффузии водяного пара | 20/50 | 30/70 | 40/100 |

Таблица 2.3 Физико-механические свойства пенополистирола, производимого НПО «Полимер»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателей | ПСБС-15 | ПСБС-25 | ПСБС-35 |
| по ГОС­Ту, выс­ший сорт | факти­чески | по ГОС­Ту, выс­ший сорт | факти­чески | по ГОС­Ту, выс­ший сорт | факти­чески |
| Плотность, кг/м3 | До 15 | 12,2 | 15,1...25 | 17,3 | 25,1...35 | 26 |
| Прочность на сжатие при 10% линейной деформации, МПа, не менее | 0,05 | 0,055 | 0,1 | 0,15 | 0,16 | 0,20 |
| Предел прочности при из­гибе, МПа, не менее | 0,07 | 0,075 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
| Влажность плит, отгружае­мых потребителю, %, не бо­лее | 12 | 8 | 12 | 8 | 12 | 8 \* |
| Водопоглощение за 24 ч, % по объёму, не более | 3 | 0,60 | 2 | 0,87 | 2 | 0,57 |
| Водопоглощение за 7 суток, % по объёму | - | 1,91 | - | 3,75 | - | 2,27 |
| Теплопроводность в сухом состоянии при 25°С, Вт/(м-К), не более | 0,042 | 0,040 | 0,039 | 0,034 | 0,037 | 0,037 |
| Теплопроводность при ус­ловиях эксплуатации А при 25°С, Вт/(м-К) | - | 0,040 | - | 0,040 | - | 0,041 |
| Теплопроводность при ус­ловиях эксплуатации В при 25°С, Вт/(м-К) | - | 0,044 | - | 0,047 | - | 0,050 |
| Паропроницаемость,мг/(м-ч-Па) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |

Пенополистирол представляет собой жёсткий вспененный термопласт, со­стоящий из сплавившихся гранул полистирола, заполненных воздухом. Высокие теплоизоляционные свойства пенополистирола достигаются благодаря наличию в его структуре большого количества очень мелких закрытых наполненных воз­духом пор. Основные преимущества пенополистирола [4,3]:

* малый коэффициент теплопроводности;
* структурная стабильность в широком диапазоне температур;
* высокая стойкость к биологическому воздействию;
* простота производства из сырья готового утеплителя;
* высокая прочность при низкой плотности;
* низкая динамическая жесткость, обеспечивающая качественную звукоизо­ляцию от ударного шума;
* небольшой вес;
* долговечность;
* экологическая чистота;
* простота обработки и монтажа, не требующие специальных инструментов и квалифицированных рабочих.

Одним из важнейших вопросов, относящихся к пенополистиролу, является вопрос безопасности его применения. При этом основной проблемой является пожарная безопасность пенополистирольных плит. Ответы на этот вопрос при­ведем на основании [7].

Пенополистирол горит при воздействии достаточно сильного источника те­пла. Если пенополистирол подвергается кратковременному воздействию пламе­ни, он оплавляется вокруг источника огня, но не возгорается и, соответственно, огонь не распространяется. Если удалить внешнее пламя, то горение пенополи­стирола прекращается. При длительном повышении температуры до 90°С он со­храняет свои свойства. Таким образом, пенополистирол является самозатухаю- щим материалом, в случае пожара он не распространяет огонь и не выделяет токсичных химических соединений. Для снижения вероятности случайного воз­горания пенополистирольные плиты имеют в составе огнеупорные добавки (ан­типирены). Их наличие помогает предотвратить возгорание материала от не­больших источников огня, что позволяет обеспечить безопасность при перевозке и монтаже плит ППС. Для обеспечения пожарной безопасности в зданиях с уте­плением из пенополистирольных плит марок ПСБС и ПСБС-Ф на фасаде должны устанавливаться окантовки по контуру проёмов и горизонтальные рассечки в уровне верхних откосов проёмов из негорючих минераловатных плит со средней объёмной плотностью не менее 100 кг/м3 из базальтового волокна.

Пенополистирол не радиоактивен. Пенополистирол не растворяется в воде и стоек к гниению. Пенополистирол не содержит веществ, питающих микроорга­низмы. По многолетнему опыту строительства зданий по этой технологии в Ев­ропе, пенополистирол не подвержен деструктивному воздействию грызунов, плесени, грибков и бактерий. По длительности воздействия на пенополистирол, оказывают деструктивное воздействие растительные, животные и парафиновые масла, жиры, дизельное топливо, вазелин. Пенополистирол не обладает устойчи­востью к органическим растворителям (ацетон, уксусно-этиловый эфир, раство­рители красок, скипидар и др.), насыщенным углеводородам (спирты, керосин, бензины, жидкий битум, смолы и другие нефтепроизводные продукты).

В странах Западной Европы выпускается пенополистирол с добавкой графи­та, дополнительно снижающей его теплопроводность, и перфорированный пено­полистирол с отверстиями малого диаметра, которые в несколько раз повышают его паропроницаемость без заметного ухудшения теплотехнических свойств.

Остаётся открытым вопрос сохранения пенополистиролом первоначальных геометрических размеров плит (первоначального объёма), а также неизменяе­мость физико-механических (в первую очередь средней плотности) и теплотех­нических свойств во времени при эксплуатационных воздействиях.

Из эффективных минераловатных утеплителей с коэффициентом теплопро­водности X = 0,035 - 0,045 Вт/м°С наиболее распространены следующие:

* базальтоволоконные плиты фирмы «Рагос» (Финляндия);
* стекловолоконные плиты фирмы «Isover» (Австрия);
* базальтоволоконные плиты фирмы «Rockwool» (Дания);
* стекловолоконные плиты фирмы «URSA» (Россия).

При применении в системах фасадной теплоизоляции минераловатных плит их плотность должна быть не менее 80-100 кг/м3, а лучше 120-150 кг/м3 для обес­печения достаточной жесткости основания под штукатурный слой.

С 1999 г. минераловатные плиты «Rockwool» производятся в г. Железнодо­рожном Московской области. Минераловатная теплоизоляция «Rockwool» явля­ется негорючей (группа горючести НГ), обладает хорошей гидрофобностью и паропроницаемостью. Влага, попавшая на поверхность материала, не проникает в его толщу, благодаря чему он остаётся сухим и сохраняет свои высокие тепло­изоляционные свойства. С другой стороны, избыточная влага из помещений мо­жет свободно проходить через плиты из минеральной ваты и испаряется с их по­верхности, не скапливаясь в толще утеплителя и не снижая его теплоизоляцион­ных свойств. Плиты также обладают высокими звукоизолирующими и звукопо­глощающими свойствами; химической стойкостью по отношению к маслам, рас­творителям, кислотам, щелочам; биостойкостью [8,9].

Жесткие минераловатные плиты для фасадной теплоизоляции имеют хоро­шую сопротивляемость механическим воздействиям, это, прежде всего, отсутст­вие усадки на протяжении всего срока эксплуатации материала. При деформации не выдерживается предусмотренная толщина и изоляция не сохраняет своих теп­лоизоляционных свойств. Часть волокон материала размещается горизонтально, другие - вертикально, в результате общая структура не имеет определённого на­правления, что обеспечивает высокую жесткость теплоизоляционного материала.

Для фасадной теплоизоляции с оштукатуриванием по сетке рекомендуется применение жестких плит Facade Batts, Facade Slab и Facade Lamella. Плиты Fa­cade Batts - жесткие и плотные теплоизолирующие плиты на синтетическом свя­зующем, устойчивые к деформациям, отличаются однородной плотностью около 150 кг/м3, толщина плит 20 - 200 мм. Плиты Facade Slab отличаются двойной плотностью. Верхний слой плит имеет плотность около 180 кг/м3, нижний около 110 кг/м3, толщина плит 25 - 200 мм. Благодаря этому плиты обладают умень­шенным весом, удобны при монтаже. Концепция двойной плотности обеспечи­вает наилучшие условия для основания под штукатурку, и долговечность самой штукатурки с точки зрения механических воздействий значительно повышается. Facade Lamella - этот вид фасадного утеплителя отличает возможность примене­ния на округлых и ломаных поверхностях фасадов. Отличается расположением части волокон перпендикулярно изолируемой поверхности. Имеет повышенную прочность на отрыв слоёв.

Таблица 2.4 - Технические параметры мипераловатных плит ROCKWOOL, применяемых в системах фасадпой теплоизоляции

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателей | Марка теплоизоляции ROCKWOOL |
| Facade Batts | Facade Slab | Facade Lamella |
| Плотность, кг/м-\*Верхнего слоя Нижнего слоя | 145 | 105-12818095-120 | 100 |
| Теплопроводность, Вт/(м-К), не более | 0,039 | 0,038 | 0,043 |
| Теплопроводность, Вт/(м-К), не более при условиях эксплуатации: АБ | 0,0450,048 | 0,0430,046 | 0,0470,051 |
| Прочность на отрыв слоёв, кПа, не менее | 15 | 20 | 100 |
| Прочность на сжатие при 10% деформа­ции, кПа, не менее | 45 |  | 45 |
| Водопоглощение при полном погруже­нии, % по объёму не более | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Группа горючести | НГ | НГ | НГ |
| Паропроницаемость, мг/(м-ч-Па) | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

Стекловолокнистые плиты URSA производятся ОАО «Флайдерер-Чудово» в г. Чудово Новгородской области в соответствии с ТУ 5763-002-00287697-97 «Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна «URSA». Продукция URSA отвечает требованиям российских и международных стандар­тов, имеет сертификаты соответствия Госстроя России, сертификаты пожарной безопасности, гигиенические и по виброакустике [20]. В фасадной теплоизоля­ции из изделий URSA возможно применение плит марок П-60, П-75, П-85. При­менение плит марок П-45 и ниже не рекомендуется, т.к. они не обладают доста­точной жесткостью в качестве основания штукатурного покрытия.

Таблица 2.5 - Технические параметры стекловолокпистых плит URSA, примепяемых в системах фасадной теплоизоляции

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателей | Марка изделий по ТУ 5763-002-00287697-97 |
|  | П-60 | П-75 | П-85 |
| Плотность, кг/м'\* | 50-66 | 66-75 | 75-85 |
| Теплопроводность, Вт/(м-К), не более | 0,037 | 0,037 | 0,044 |
| Теплопроводность, Вт/(м-К), не более при ус­ловиях эксплуатации: А | 0,04 | 0,042 | 0,046 |
| Б | 0,045 | 0,047 | 0,05 |
| Сорбционная влажность за 72 часа, % по мас­се, не более | 5 | 5 | 5 |
| Расчётное массовое отношение влаги в мате­риале, % в условиях эксплуатации: А | 2 | 2 | 2 |
| Б | 5 | 5 | 5 |
| Водопоглощение при частичном погружении за 24 ч, % по массе, не более | 30 | 30 | 30 |
| Сжимаемость при нагрузке 2 кПа, % не более | 30 | 20 | 15 |
| Горючесть | Г1 | Г1 | Г1 |
| Коэффициент паропроницаемости, мг/(м-ч-Па) | 0,51 | 0,5 | 0,5 |

1. Санитарно – гигиеницеские требования при выполнении работ по монтажу систем фасадной теплоизоляции
	1. **Описание процесса выполнения работ по теплоизоляции**

Процесс выполнения работ по теплоизоляции регламентирован в СП 12-101- 98 «Технические правила производства наружной теплоизоляции зданий с тон­кой штукатуркой по утеплителю», разработанном АООТ «Опытный завод сухих смесей» [7] и введённом в действие Госстроем России с 1 мая 1998 г, а также в альбомах технических решений для конкретных систем [6].

Основные элементы применяемых отделочных систем следует выполнять только из сертифицированных материалов, предусмотренных проектом. Замена конструктивных материалов без согласия с проектной организацией и их произ­водителем может отрицательно сказаться на качестве выполненных работ. При монтаже системы утепления необходимо строгое соблюдение технологического

регламента (в частности, требуемых технологических перерывов между процес­сами) в соответствии с требованиями, изложенными в рекомендациях по приме­нению данной системы.

Работы по устройству отделочной системы должны выполняться после за­вершения общестроительных работ по возведению стен и устройству кровли здания. Перед началом работ необходимо выполнить подготовку поверхности стены, которая должна быть сухой, очищенной от пыли и грязи, а также от ос­татков раствора, не должна иметь трещин, сколов, механических повреждений. Старая штукатурка должна быть проверена простукиванием по всей поверхно­сти, сбита в местах обнаружения пустот и восстановлена.

Работы по утеплению и отделке фасада выполняются в следующей последо­вательности: на поверхность стены наносится выравнивающий и клеящий (адге­зивный) слой, на который приклеиваются плиты утеплителя. Утеплитель закреп­ляется также дюбелями (6-8 шт. на 1 м2). На поверхность утеплителя наносится первый слой базового слоя, на который до его высыхания укладывается и утап­ливается армирующая стеклотканевая сетка, которая затем закрывается вторым слоем базового слоя. После высыхания базового слоя его поверхность обрабаты­вается грунтовочным составом. Последним наносится декоративный фактурный слой, формирующий окончательную поверхность стены и определяющий внеш­ний вид фасада. и

Работы по нанесению компонентов штукатурных систем осуществляются при температуре изолируемой поверхности и окружающего воздуха не ниже +5°С и не выше +30°С. Клеевые составы в системе «Шуба плюс», разработанные ТОО «Эверест» (Ярославль), позволяют проводить работы при температуре от -25 до +30°С [2]. Клеевые составы в системе «Пластолит» (г. Уфа) позволяют производить работы при температуре окружающего воздуха до -15°С без устрой­ства дополнительных мероприятий [2,7].

Существует два основных метода крепления утеплителя к несущей части сте­ны: с помощью клеевых составов и механическим способом. Клеевой способ крепления теплоизоляции предъявляет жесткие требования к состоянию изоли­руемой поверхности, зависит от климатических условий и качества теплоизоля­ционного материала. Для обеспечения необходимой надежности крепления в уг­лах здания утеплитель дополнительно механически закрепляется к несущей час­ти стены.

Механический способ крепления теплоизоляции более универсален. Его на­дежность определяется главным образом прочностными свойствами материала несущей части стены и крепежного элемента. Наиболее широко распространен способ крепления теплоизоляции с помощью металлических и пластиковых рас­порных дюбелей, которые устанавливаются в просверленные в стене отверстия. В этом случае нагрузка от собственного веса утеплителя и отделочного штука­турного слоя передается на несущую часть стены через консоль стержня дюбеля. Однако при креплении эффективной теплоизоляции к стене из пеносиликатных блоков, ячеистых бетонов и других подобных материалов с невысокими прочно­стными показателями использование таких дюбелей может вызвать разрушение поверхностного слоя стены в местах передачи изгибающего момента.

В современных системах фасадной теплоизоляции в основном оба этих спо­соба применяются одновременно.

Работы по монтажу системы фасадной теплоизоляции не могут выполняться [5]:

* без устройства кровельного ограждения и ограждения, защищающего леса и фасады здания;
* при температуре окружающего воздуха ниже +5 С и выше +28°С;
* при прямом воздействии солнечного излучения;
* при сильном ветре;
* во время дождя и непосредственно после дождя по влажной поверхности, не впитавшей воду.

При проведении работ не допускается консервация закреплённого на стене плитного утеплителя без армирующего слоя, а также выполнение сварочных ра­бот при отсутствии армирующего слоя на пенополистирольном утеплителе.

При повреждении отдельных элементов отделочной системы необходимо выполнить работы по восстановлению поврежденного участка, в противном слу­чае может произойти дальнейшее разрушение системы.

3.2.Расчётные модели для анализа напряжений в слоях штукатурного покрытия

С применением программы «CosmosM 2,8» был выполнен анализ НДС в штукатурном покрытии для двух основных случаев:

1. Штукатурное покрытие на площади стены (в поле) и на краю стены;
2. Штукатурное покрытие в местах концентрации напряжений (отверстие, жесткое включение, внутренний угол).

В качестве основания под штукатурное покрытие были рассмотрены сле­дующие варианты:

* абсолютно жесткая основа;
* однослойная стена большой жесткости (стена из тяжёлого бетона, стена из силикатного и керамического кирпича и стена из ячеистобетонных блоков);
* штукатурка на поверхности маложёсткого пенополистирольного утеплителя (марки 20 и 30 толщиной 50, 100 и 150 мм) в составе трёхслойной стены (несу­щий слой - утеплитель - штукатурка). В качестве несущего слоя использовался тяжёлый бетон, а также керамический и силикатный кирпич.

Полный перечень рассмотренных задач для первого случая представлен в таблице 3.1.

Во всех случаях рассматривались две толщины штукатурного слоя (5 и 10 мм) и два варианта марки по прочности раствора (М50 и М150). Свойства мате­риалов и нагрузки приняты в соответствии с пунктами 3.2.1 и 3.2.2.

Для всех рассмотренных случаев справедливы следующие закономерности:

* касательные напряжения тху = iyz = 0.
* нормальные напряжения в зоне, достаточно удалённой от края элемента (в по­ле) по склейке ах = оу = gq.

Таблица 3.1 - Расчётные случаи для определения НДС в слоях штукатурных ПО' крытий в поле и на краю стены

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Модель | Вид основы | Нагрузка | Материал основы и её толщина, мм |
| Штукатурка на свободной основе | Абсолютножесткая | Усадка | “ |
| Однослойнаястена | а) Усадка б) Прямой ход температуры (от +20°С до -35°С) | Кирпич силикатный - 640 мм |
| Кирпич силикатный - 380 мм |
| Кирпич керамический - 640 мм |
| Тяжелый бетон - 150 мм |
| Ячеистый бетон у = 400 кг/м-\* - 400 мм |
| Ячеистый бетон у = 600 кг/м3 - 600 мм |
| Трёхслойнаястена | а) Усадка б) Прямой ход температуры (от +20°С до -35°С) | Тяжёлый бетон 150 мм + ППС марок 20 и 30 толщиной 50,100 и 150 мм |
| Кирпич керамический 380 мм + ППС марок 20 и 30 толщиной 50,100 и 150 мм |
| Кирпич силикатный 380 мм + ППС марок 20 и 30 толщиной 50,100 и 150 мм |

Таблица 3.2 - Расчётные случаи для определения НДС в слоях штукатурных покрытий в окрестностях концентраторов напряжений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Модель | Вид осно­вы | Нагрузка | Материал ос­новы и её тол­щина, см | Вид концентратора |
| Концент- | Абсолютно | Усадка | - | Жесткое включение размером |
| ратор | жёсткая |  |  | 10,20 и 40 мм |
| напряже- | основа |  |  | Отверстие размером 10,20 |
| ний |  |  |  | и 40 мм |
|  |  |  |  | Внутренний угол |
|  | Однослой- | а) Усадка | Тяжёлый бетон - | Жесткое включение размером |
|  | ная стена | б) Прямой ход | 150 мм | 50 и 200 мм |
|  |  | температуры |  | Отверстие размером 50 и |
|  |  | (от +20°С |  | 200 мм |
|  |  | до -35°С) |  | Внутренний угол |
|  |  |  | Кирпич СИЛИ- | Жесткое включение размером |
|  |  |  | катный - 380 мм | 50 и 200 мм |
|  |  |  |  | Отверстие размером 50 и |
|  |  |  |  | 200 мм |
|  |  |  |  | Внутренний угол |
|  |  |  | Ячеистый бетон | Жесткое включение размером |
|  |  |  | у = 400 кг/м3 - | 50 и 200 мм |
|  |  |  | 400 мм | Отверстие размером 50 и |
|  |  |  |  | 200 мм |
|  |  |  |  | Внутренний угол |
|  | Трёхслой- | а) Усадка | Кирпич СИЛИ- | Жесткое включение размером |
|  | ная стена | б) Прямой ход | катный 380 мм + | 50 мм |
|  |  | температуры | ППС марки 20 - | Отверстие размером 50 и |
|  |  | (от+20°С | 100 мм | 200 мм |
|  |  | до -35°С) |  | Внутренний угол |

3.3Анализ напряжённо-деформированного состояния в слое штука­турного покрытия в местах концентрации напряжений (жесткие включения, отверстия, углы)

 Штукатурка на абсолютно жесткой основе под действием напряже­ний усадки. Размеры модели в плане 20x20 см. Рассмотрены три вида концен­траторов напряжений: жесткое включение с размерами 10x10 мм, 20x20 мм и 40x40 мм (рисунок 3.9); отверстие 10x10 мм, 20x20 мм, 40x40 мм (рисунок); и внутренний угол (четверть) (рисунок 3.3).

Таблица 3.3 - Напряжения в штукатурном слое на абсолютно жёсткой основе в ок- рестностях концентратора напряжений под действием усадки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Толщина штукатур­ного слоя |   |  |  |  |  |  |
| Свободныйкрай | Склейка | 10 мм | 1,20 | 1,39 | 1,11 | 0,64 | 1,81 | - |
| 5 мм | 1,10 | 1,25 | 0,74 | 0,56 | 1,51 | - |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 0 | 0,70 | 0 | 0 | 0,70 | - |
| 5 мм | 0,14 | 0,76 | 0,05 | 0 | 0,76 | - |
| Жесткое включение - 10 мм | Склейка | 10 мм | 1,43 | 1,59 | 1,55 | -0,19 | 1,69 | 1,65 |
| 5 мм | 1,33 | 1,56 | 1,54 | -0,18 | 1,64 | 1,60 |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 1,82 | 1,73 | 1,63 | -0,48 | 2,21 | 2,20 |
| 5 мм | 1,46 | 1,61 | 1,56 | -0,27 | 1,78 | 1,78 |
| Жесткое включение -20 мм | Склейка | 10 мм | 1,44 | 1,60 | 1,55 | -0,19 | 1,69 | 1,65 |
| 5 мм | 1,34 | 1,56 | 1,54 | -0,17 | 1,64 | 1,60 |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 1,78 | 1,72 | 1,62 | -0,50 | 2,21 | 2,20 |
| 5 мм | 1,46 | 1,61 | 1,56 | -0,28 | 1,79 | 1,78 |
| Жесткое включение -40 мм | Склейка | 10 мм | 1,44 | 1,60 | 1,55 | -0,19 | 1,70 | 1,65 |
| 5 мм | 1,34 | 1,56 | 1,54 | -0,17 | 1,64 | 1,60 |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 1,78 | 1,72 | 1,62 | ОО1 | 2,21 | 2,20 |
| 5 мм | 1,46 | 1,61 | 1,56 | -0,28 | 1,79 | 1,78 |
| Отверстие - 10 мм | Склейка | 10 мм | 1,12 | 1,21 | 0,70 | 0,45 | 1,41 | 1,16 |
| 5 мм | 1,10 | 1,18 | 0,74 | 0,55 | 1,5 | из |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 0,23 | 0,36 | 0,24 | 0 | 0,82 | 1,24 |
| 5 мм | 0,23 | 0,62 | 0,19 | 0 | 0,81 | 1,10 |
| Отверстие -20 мм | Склейка | 10 мм | 1,15 | 1,29 | 0,74 | 0,59 | 1,61 | 1,21 |
| 5 мм | 1,10 | 1,24 | 0,86 | 0,56 | 1,51 | 1,14 |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 0,08 | 0,89 | 0,06 | 0 | 0,89 | 1,47 |
| 5 мм | 0,17 | 0,82 | 0,11 | 0 | 0,82 | 1,16 |
| Отверстие -40 мм | Склейка | 10 мм | 1,21 | 1,39 | 1,11 | 0,64 | 1,80 | 1,21 |
| 5 мм | 1,10 | 1,25 | 0,75 | 0,57 | 1,51 | 1,14 |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 0 | 0,73 | 0 | 0 | 0,73 | 1,45 |
| 5 мм | 0,14 | 0,76 | 0,06 | 0 | 0,76 | 1,15 |
| Четверть | Склейка | 10 мм | 1,20 | 1,39 | 1,10 | 0,64 | 1,80 | 1,22 |
| 5 мм | 1,10 | 1,25 | 0,74 | 0,57 | 1,51 | 1,14 |
| Свободнаяповерхность | 10 мм | 0 | 0,69 | 0 | 0 | 0,69 | 1,45 |
| 5 мм | 0,14 | 0,76 | 0,05 | 0 | 0,76 | 1,15 |

3.4.Требования, предъявляемые к штукатурным растворам

на цементной основе

Среди требований, предъявляемых к штукатурным покрытиям в системах фасадной теплоизоляции, обычно называют высокую адгезию к утеплителю, водостойкость, морозостойкость, гидрофобность, атмосферостойкость, высо­кую эластичность и ударную прочность, высокую трещиностойкость и пре­дельную растяжимость, низкую усадку, хорошую паропроницаемость и низкое водопоглощение. Эти требования предопределены условиями эксплуатации фа­садной теплоизоляции и характером напряженного состояния штукатурного покрытия от усадки и перепадов температур. Между тем разработчики сухих смесей и систем фасадной теплоизоляции в паспортных данных своей продук­ции, приводимых в рекламных материалах, указывают количественные значе­ния далеко не всех вышеназванных характеристик.

Нормируемые показатели, которые приводят разработчики модифициро­ванных сухих штукатурных составов на цементной основе, обычно следующие (по рекламным материалам фирм «Уральский мастеровой», «Крепе», «Юнис», «Боларс», «Кератэкс», «Фарвест», «Плитонит», «Плитомикс», «Сода», «Кна-УФ»):

* прочность на сжатие - в пределах 5... 15 МПа (50... 150 кг/см2);
* прочность сцепления с основанием (адгезионная прочность) находится в пределах - 0,2 ... 1,0 МПа;
* морозостойкость - 3 5... 50 циклов;
* прочность на растяжение при изгибе - 3 МПа (30 кгс/см2).

Производители систем фасадной теплоизоляции обычно приводят сле­дующие физико-механические характеристики базового армированного штука­турного слоя (по материалам фирм «ЛАЭС» [57], «ТЕХ-COLOR» [59], «Мине- рикс» [60], «Интеко» и ряда других, а также европейских норм EN 13499 [21]):

* плотность штукатурного состава - 1,3 - 1,9 г/см3;
* прочность на сжатие - не менее 5,0...7,5 МПа;
* прочность сцепления с основанием (адгезионная прочность) - не менее 0,6- 1,2 МПа;
* стойкость к ударным воздействиям - 3 - 10 Дж;
* водопоглощение - не более 0,5 кг/ (м \*ч ’);
* морозостойкость - 75 - 100 циклов;
* паропроницаемость - не менее 0,05 - 0,15 мг/ м-ч\*Па;
* линейная усадка - не более 40...45Т0'5.

Между тем, с учётом характера напряженного состояния штукатурного слоя в условиях стеснённой усадки и перепадов температур, одними из важ­нейших свойств штукатурного покрытия, наряду с прочностью на растяжение и адгезией к основе, определяющим его трещиностойкость и влияющей на долго­вечность, является его предельная деформативность (предельная растяжимость) [41,76].

Ключевым моментом в обеспечении долговечности системы фасадной те­плоизоляции является стойкость фасадной штукатурки в процессе эксплуата­ции при воздействии двух основных факторов - усадки штукатурного раствора и перепадов температур. Между тем для штукатурных покрытий на цементной основе существует проблема растрескивания под действием напряжений усадки и термомеханических напряжений при перепадах температур, которые возни­кают в условиях стесненной усадки и стесненных температурных деформаций. В результате влажностной усадки и перепадов температуры в штукатурном по­крытии возникают деформации растяжения, как только они по своей интенсив­ности превзойдут показатели предельной растяжимости раствора, на поверхно­сти штукатурки возникают трещины. Повышению стойкости штукатурок в этих условиях способствует их армирование щелочестойкими синтетическими сет­ками, введение в состав сухих штукатурных смесей водорастворимых полиме­ров и других добавок, способствующих снижению жесткости, повышению прочности на растяжение и предельной деформативности, снижению усадки штукатурок.

Предельная растяжимость бездобавочного цементно-песчаного раствора (гарцовки) составляет 10...18-10'5 [76], в то время как гидравлическая усадка бездобавочного цементно-песчаного раствора составляет 40...50-10'5, что при­водит к образованию трещин в штукатурном покрытии в процессе его тверде­ния. Очевидно, что одним из главных путей повышения трещиностойкости штукатурного покрытия является снижение усадки и повышение предельной деформативности цементного раствора. В штукатурках на основе модифициро­ванных сухих смесей повышение трещиностойкости достигается введением в их состав модифицирующих водорастворимых полимерных добавок, которые значительно (в несколько раз) повышают прочность раствора на растяжение и предельную растяжимость штукатурного покрытия, повышают адгезию и водо­непроницаемость, а также снижают усадку и водопоглощение.

Важнейшей характеристикой является также величина усадки штукатурно­го раствора. Значения усадки раствора, полученные стандартными методами, характеризуют его гидравлическую усадку, т.е. усадку после схватывания. Ме­жду тем значения гидравлической усадки для тонкого слоя раствора (4...6 мм), нанесённого на поверхность основы, может не вполне соответствовать анало­гичным параметрам, полученным в результате стандартных испытаний этого же материала - балочек 40x40x160 мм. В толстых конструкциях она меньше, чем у тонких покрытий и облицовок. По данным [17, 19, 22, 41, 47, 76] полная гидравлическая усадка цементных растворов составляет 0,3...0,8 мм (в среднем можно принять 0,4. ..0,5 мм/м или 40...50-10'5).

Между тем, кроме гидравлической усадки после схватывания, имеет место также пластическая усадка до схватывания при испарении воды. Пластическая усадка может превышать гидравлическую в 5-10 раз и составлять 2...5 мм/м или 200...500-10'5 [17], особенно если атмосферные условия способствуют ис­парению воды. Это может привести к образованию усадочных трещин на по­верхности уже в первые сутки твердения, когда прочность раствора на растя­жение ещё очень мала.

3.5.Экспериментальное определение предельной растяжимости

штукатурных растворов

Описание эксперимента. Штукатурный раствор наносится на шесть сталь­ных пластин (сталь СтЗ) размером 400x100 мм толщиной 8 или 10 мм. Толщина штукатурного слоя 4-5 мм. Параллельно закладываются по 6 кубиков размером 20x20x20 мм. Штукатурка на пластине и кубики выдерживались в течение 28 суток в двух вариантах условий: 3 пластины и 3 кубика - внутри помещения при комнатной температуре и влажности (температура +18...+23°С, относи­тельная влажность воздуха 45...60%), 3 пластины и 3 кубика - в герметично за­крытом баке, на 1/3 заполненном водой - при комнатной температуре (+18...+23°С) и 100% влажности. Испытание кубиков на осевое сжатие выпол­нялось при помощи пресса гидравлического П10 мощностью 10 т. Испытание пластин выполнялось на осевое растяжение при помощи машины испытатель­ной Р100 мощностью 100 т. В момент образования трещины в штукатурном слое фиксировалось значение приложенной к пластине нагрузки. Всего было испытано 28 вариантов штукатурных составов, в т.ч. несколько вариантов бездобавочного цементно-песчаного раствора (гарцовки) и штука­турных растворов на основе сухих строительных смесей, наиболее распростра­нённых в РФ (таблица 3.4).

Обработка результатов эксперимента.



Рисунок 3.1 - Схема испытаний но определению предельной
деформагивности штукатурного раствора

Рисунок 3.2 - Пластины со штукатурным покрытием перед проведением испытаний по определению предельной растяжимости

Таблица 3.6 - Результаты испытаний по определению предельной деформативности штукатурных растворов Iсредние значения для трёх образцов)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Наименованиештукатурки. Условия твердения | Нагрузка / напря­жение при растя­жении | Нагрузка/ напряжение при сжатии |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1а | Цементно-песчаный раствор В/Ц = 0.4. Влажность 100% | Отслоилась до испытания | 200 кг / 50 кг/см2 |
| 16 | Цементно-песчаный раствор В/Ц = 0.4. Атм. влажность | Отслоилась до испытания | 120 кг/30 кг/см' |
| 2а | Цементно-песчаный раствор В/Ц = 0,6. Влажность 100% | 3,9 т/390 кг/см2 | 420 кг / 105 кг/см2 |
| 26 | Цементно-песчаный раствор В/Ц = 0,6. Атм. влажность | 2,9 т / 290 кг/см2 | 140 кг/35 кг/см2 |
| За | Цементно-песчаный раствор В/Ц = 0,8. Влажность 100% | 4,2 т / 420 кг/см2 | 500 кг/1252кг/см |
| 36 1 | Цементно-песчаный раствор 3/Ц 0,8. Атм. влажность | 3,3 т / 330 кг/см2 | 240 кг/60 кг/см |
| 4а | Шпатлёвка «Крепе белый». Атмосферная влажность | 14.5 т/1450 кг/см2 | - |
| 46 | Шпатлёвка «Крепе белый». Влаж- носз ь 100% | 21 т / 2100 кг/см2 | - |

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Предельная растяжимость бездобавочных цементно-песчаных растворов при твердении в нормальных условиях (температура воздуха +19...+23°С, отно­сительная влажность воздуха 45...60%) составляет 14...18Т0'5, при твердении в условиях 100% влажности - 17...22Т0'5. Предельная растяжимость модифици­рованных штукатурных растворов значительно выше: при твердении в нор­мальных условиях составляет 20...40-10'5, при твердении в условиях 100% влажности - 40.. .65-10'5.
2. Предельная растяжимость штукатурного покрытия в значительной сте­пени зависит от условий твердения раствора. При 100% влажности создаются наиболее благоприятные условия гидратации цемента и набора прочности шту­катурным покрытием. Кроме того, в этом случае отсутствует усадка цементно­го раствора. Два вышеназванных фактора приводят к образованию штукатурно­го слоя с высокой предельной растяжимостью. При твердении в атмосферных условиях имеет место быстрая потеря воды затворения в первые сутки тверде­ния раствора, сопровождающаяся значительной пластической усадкой. В ре­зультате недостатка влаги не происходит полной гидратации цементного камня, что приводит к недобору штукатурным раствором прочности и снижает его предельную растяжимость, которая составляет 50...80% от предельной растя­жимости раствора, выдержанного при 100% влажности.
3. Предельная растяжимость шпатлёвок составляет при твердении в нор­мальных условиях 70-10'5, при твердении в условиях 100% влажности 100-10'5, что выше предельной растяжимости штукатурных растворов.
4. Прочность на сжатие штукатурных растворов зависит от условий выдер­живания испытываемых образцов. При твердении образцов в условиях 100% влажности прочность на сжатие составляет 85... 110% от указанной в техниче­ском паспорте, предоставляемом производителем. При твердении образцов в нормальной атмосферной влажности прочность образцов на сжатие значитель­но ниже и составляет 40...60% от прочности, полученной при испытании ана­логичного образца, хранящегося при 100% влажности.

**Заключение**

1 Опыт эксплуатации зданий с фасадной теплоизоляцией показал, что наи-более уязвимым элементом данной системы является штукатурное покрытие. Его эксплуатационная надёжность и долговечность определяется воздействием трёх основных факторов: 1 - стеснённые деформации штукатурного покрытия, возникающие в условиях его усадки и перепадов температур; 2 - накопление влаги в толще стены за годовой период её эксплуатации и сверхнормативное увлажнение стены с выпадением конденсата в зимний период; 3 - замачивание стены при действии осадков в переходные периоды «зима-весна» и «осень- зима». Ключевым фактором, определяющим долговечность штукатурного покрытия, является стойкость фасадной штукатурки к растрескиванию под действием усадочных и термомеханических напряжений, возникающих в условиях стеснённой усадки и стеснённых температурных деформаций.

2 Исследовано напряжённое состояние штукатурных покрытий от действия усадки и перепадов температур на различных по жесткости вариантах основы, включая работу штукатурок в системе фасадной теплоизоляции. Установлено 5-10-кратное снижение напряжений в штукатурном слое на поверхности маложёсткого пенополистирольного утеплителя в составе трёхслойной стены по сравнению со штукатуркой на жесткой основе (кирпичной кладке). Исследовано напряжённое состояние в углах концентраторов напряжений (оконных проёмов, отверстий), характеризующееся высокой концентрацией растягивающих напряжений, обуславливающих растрескивание штукатурок.

3 Предложен критерий трещиностойкости штукатурного покрытия при действии усадочных и термомеханических напряжений, основанный на оценке его предельной растяжимости. Разработана методика и экспериментально определена предельная растяжимость для ряда штукатурных составов. Установлено, что предельная растяжимость бездобавочных цементно-песчаных раство¬ров составляет 15...20\*10'5, что ниже деформаций усадки, которые составляют около 40\* 10'5 и приводит к их усадочному растрескиванию. Предельная растяжимость модифицированных штукатурных растворов составляет 40-60\*10'5, это превышает величину гидравлической усадки штукатурного раствора, что в сочетании с низкой пластической усадкой, высокой водоудерживающей способностью и хорошей адгезией этих штукатурок делает их пригодными к использованию в системах фасадной теплоизоляции с точки зрения стойкости к усадочному растрескиванию. Трещиностойкость растворов резко повышается при введении в штукатурный слой армирующей стеклотканевой сетки.

4 Расчётами установлено, что в климатических условиях применение систем фасадной теплоизоляции с беспрессовым пенополистиролом ПСБ-С по ГОСТ 15588-86 с коэффициентом паропроницаемости ц = 0,05 мг/(м\*ч\*Па) при возведении как несущих стен, так и стены-заполнения в каркасно-монолитных зданиях обеспечивает благоприятный влажностный режим стены, не приводит к избыточному увлажнению и образованию конденсата в толще стены и не снижает долговечность ограждающей конструкции в целом с точки зрения морозостойкости.

Таблица - Результаты определения усадки и трещиностойкости армированных и неармированных штукатурных растворов под действием усадочных напряжений (среднее значение для трёх образцов)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование штукатурки / условия твердения | Нагрузка / напряжение при сжатии | Наличие (отсутствие) трещин и ширина рас­крытия / усадка рас­твора | Момент раскры­тия трещины (от момента нане­сения раствора) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Цементно-песчаный рас­твор В/Ц = 0,7. Неармиро- ванный. Атм. влажность | 130 кг / 32 кг/см"1 | 0,3 мм/250-10° | Менее 24 ч |
| Цементно-песчаный рас­твор В/Ц = 0,7. Неармиро- ванный. Влажность 100% | 420 кг /105 кг/см2 | <0,1 мм/<80Т0‘5 | 15 суток (1 су­тки после по­мещения в атм. условия) |
| Цементно-песчаный рас­твор В/Ц = 0,7. Армиро­ванный. Атм. влажность | 130 кг/32 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Сода. Штукатурка цемент­ная СГ. Неармированная. Атм. влажность | 220 кг / 55 кг/см2 | 0,2 мм/160-10'3 | Менее 24 ч |
| Сода. Штукатурка цемент­ная СГ. Неармированная. Влажность 100% | 580 кг/145 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Сода. Штукатурка цемент­ная С Г. Армированная. Атм. влажность. | 220 кг / 55 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Адгезивный состав «СМИТ-Полифас». Неар- мированный. Атм. влаж­ность | 240 кг / 60 кг/см2 | 0,5 мм/400-10° | Менее 24 ч |
| Адгезивный состав «СМИТ-Полифас». Неар- мированный. Влажность 100% | 360 кг / 90 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Адгезивный состав «СМИТ-Полифас». Арми­рованный. Атм. влажность | 240 кг / 60 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Клеевой состав «ЛАЭС». Неармированный. Атм. влажность | 280 кг / 70 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Клеевой состав «ЛАЭС». Неармированный. Влаж­ность 100% | 400 кг/100 кг/см | Трещин нет |  |
| Клеевой состав «ЛАЭС». Армированный. Атм. влажность | 280 кг / 70 кг/см2 | Трещин нет |  |
| Штукатурный состав «ВаитН НаОМойеЬ). Неар­мированный. Атм. влаж­ность | 300 кг / 75 кг/см2 | <0,1 мм/<80-10° | Менее 24 ч |

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы.

1 При выдерживании неармированных образцов в атмосферных условиях усадочные трещины с шириной раскрытия 0,2...0,5 мм зафиксированы в бездо- бавочном цементно-песчаном растворе, а также в «Штукатурке цементной, СГ- гидроизоляция» ОАО «Сода» и адгезивном составе «СМИТ-Полифас». Все трещины возникли в первые 24 часа твердения раствора. Усадка этих растворов составляет 160...400-10'5 или 1,5...4,0 мм/м. Высокие значения усадочных де¬формаций обусловлены преимущественно пластической усадкой, проявляющей себя в первые несколько часов (до момента схватывания раствора) и по величи¬не значительно превосходящей гидравлическую усадку после схватывания и обусловленной значительными потерями воды в начальный период твердения раствора в атмосферных условиях.

2 В штукатурных растворах на основе модифицированных сухих смесей зафиксированы либо волосяные трещины с шириной раскрытия до 0,1 мм (что соответствует усадке до 80-10‘5 или до 0,8 мм/м), либо трещины не образовыва¬лись. Отсутствие трещинообразования свидетельствует о низкой пластической усадке раствора, которая связана с его высокой водоудерживающей способно¬стью, обусловленной модифицирующими химическими добавками, и высокой предельной растяжимости.

3 Трещинообразование в первые сутки твердения раствора связано с его пластической усадкой, обусловленной большой потерей свободной воды при твердении в атмосферных условиях. Повышению трещиностойкости раствора способствует повышение его водоудерживающей способности (в результате че¬го произойдет снижение пластической усадки). Прочность раствора на растя¬жение и предельная растяжимость в первые сутки твердения очень малы и не играют значительной роли в обеспечении его трещиностойкости

**Список используемых источников**

1. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. - М.: НИИСФ РААСН, 2004. - 332 с.
2. Анализ существующих конструкций фасадных систем на основе опыта их эксплуатации в условиях и разработка методических рекомендаций по проектированию и технологии их устройства: научно- технический отчёт - Уфа: ГУП БашНИИстрой, УГНТУ, 2005.
3. Ананьев А.И., Лобов О.И., Можаев В.П., Вязовченко П.А. Фактическая и прогнозируемая долговечность пенополистирольных плит в наружных ограждающих конструкциях зданий. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. -2003.-№10. -с. 16-17, №11.-с. 14-15.
4. Ананьев А.И., Лобов О.И., Можаев В.П., Вязовиченко П.А. Влияние различных факторов на долговечность конструкций, утеплённых пенополистиролом. // Жилищное строительство. - 2003. - №3. - с. 5-10.
5. Аникин В.А., Гурьев В.В. Проблемы реконструкции и санации жилых домов первого и второго периодов массового индустриального домостроения. // Промышленное и гражданское строительство. - 2003. - №11. - с. 10-13.
6. Арусова Л.Б. Влияние пластической усадки на прочность бетона в условиях жаркого климата. // Жилищное строительство. - 2005. - №7. - с. 19-20.
7. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гайсин А.М. Новые общероссийские нормативы по теплозащите зданий и возможность их реализации в жилищном и гражданском строительстве в условиях . // Бюллетень строительного комплекса . - Уфа, 1995. - №5. - с.27-36.
8. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гайсин А.М. и др. Пенополистирол как утеплитель для многослойных ограждающих конструкций зданий. // Бюллетень строительного комплекса Республики Башкорстотан. - Уфа: Минстрой РБ. - 2002.
9. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гайсин А.М. и др. Новые общероссийские нормативы по теплозащите ограждающих конструкций зданий и пути их реализации на примере . // Труды Самарского филиала секции «Строительство». - Самара, 1996. - Вып. 4. - с. 179-196.
10. Бабков В.В., Колесник Г.С., Гайсин А.М. и др. Несущие наружные трёхслойные стены зданий с повышенной теплозащитой. // Строительные материалы. - 1998. - №6. - с 16-18.
11. Бабков В.В. и др. Системы фасадной теплоизоляции в новом строительстве и при реконструкции жилья в г. Уфе. Опыт санации жилого фонда. // Реконструкция жилых домов и надстройка мансардных этажей с применением современных технологий: материалы научно-практической конференции. - Уфа, 2005. - с. 13-17.
12. Безбородов В.А., Белан В.И. и др. Сухие смеси в современном строительстве. - Новосибирск, 1998.
13. Бутовский И.Н., Матросов А.Ю. Теплозащита зданий: Обзорный доклад о мировом уровне и тенденциях развития строительной науки и техники. - М.: ВНИИНТПИ, 1990.-48 с.
14. Лобов О.И., Ананьев А.И., Можаев В.П., Вязовченко П.А. Фактическая и прогнозируемая долговечность пенополистирольных плит в наружных ограждающих конструкциях зданий. // Промышленное и гражданское строительство. - 2003. - №4. - с.54-56.
15. Лутц Г. Системы наружной теплоизоляции с сухими смесями. // Строительные материалы. - 1999. - №3. - с. 36-38.
16. Мамлеев Р.Ф., Сагитов Р.Ш., Колесник Г.С., Бабков В.В. и др. Опыт реализации новых российских нормативов по теплозащите ограждающих конструкций зданий в Республике Башкортостан. // Строительные материалы. -
17. -№10.-с.6-9;
18. Матросов Ю.А., Бутовский И.Н., Тищенко В.В. Новые изменения СНиП по строительной теплотехнике. // Жилищное строительство. - 1995. - №10. -с.5-8.
19. Многослойные теплоизоляционные системы ТАББОиТ-МШЕКАЬ" и "РАББОЫТ ЕРБ" для утепления наружных стен зданий и сооружений различного назначения. Приложение к техническому свидетельству Госстроя России № ТС-07-0319-2001 от 31 января 2001 г. - М., 2001.
20. Научно-технический отчёт по результатам анализа конструкций монолитных бетонных и железобетонных стен с использованием неудаляемой изолирующей опалубки «Строительной системы «ААБ» и заключение о возможности их применения в России. -М.: НИИЖБ, 1998.
21. Невилль А.М. Свойства бетона. - М.: Стройиздат, 1972. - 344 с.
22. Овчинников Е.Н. Теплоизоляционная фасадная система «Шуба плюс». // Строительные материалы. - 1999. - №2. - с.26.
23. Палиев А.И. Утепление строящихся и реконструируемых зданий пенополистиролом производства ОАО СП «ТИГИ Кнауф». // Строительные материалы. - 1996. - №9. - с. 18-19.
24. Палиев А.И., Лукоянов А.П. Модифицированные сухие смеси КНАУФ: качество и долговечность. // Строительные материалы. - 2005. - №9. - с.20-23.
25. Перечень систем наружной теплоизоляции фасадов зданий с негорючими и горючими утеплителями, прошедших огневые испытания и разрешённых (в части пожарной безопасности) к применению в строительстве на территории России. - М., 2002.
26. Пономарёв О.И., Маслов А.В., Мартынов О.М. О техническом состоянии наружных стеновых панелей. // Жилищное строительство. - 2004.-№1-с.10-12.
27. Рамачадран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Пер. с англ. / Под ред. В.Б.Ратинова. - М.: Стройиздат, 1986. - 278 с.
28. Резниченко Ю.Ю. Наружная теплоизоляция фасадов с применением пенополистирола и тонкослойных штукатурок «Синтеко» и «Драйвит». // Строительные материалы. - 2003. - №3. - с. 13.
29. Результаты испытаний пенополистирола производства НПО «Полимер». Протокол №03-19 от 9.04.2003 г. - Уфа: БашНИИстрой, 2003.
30. Рекомендации по применению эффективных теплоизоляционных материалов в жилищно-гражданском строительстве. - М.: ЦНИИЭП жилища, 1984.-31 с.
31. Рекомендации по проектированию и монтажу многослойных систем утепления фасадов зданий. - М.: Госстрой России, 2001.
32. Савилова Г.Н. Штукатурные смеси общего и специального назначения. // Строительные материалы. - 1999. - №11. - с.22-23.
33. Савин В.К. Долговечность и эффективность зданий. // Стены и фасады. -
34. - №3-4.- с.21-26.
35. Сагитов Р.Ш. Строительный комплекс : актуальные проблемы реконструкции жилых зданий застройки 50-70-х годов. // Реконструкция жилых домов и надстройка мансардных этажей с применением современных технологий: материалы научно-практической конференции. - Уфа, 2005.-c.3-4.
36. Силаенков Е.С., Сальникова М.Е. Методика определения долговечности системы утепления наружных стен с эффективным утеплителем. // Строительные материалы. - 2001. - № 1. - с. 15-17.
37. Системы наружного утепления: Проблемы выбора и критерии оценки. // СтройПРОФИль. -2005.-№4. - с.19-20.
38. Системы наружной теплоизоляции фасадов зданий «ЛАЭС-М» и «ЛАЭС-П». Альбом технических решений для массового применения. - Самара, 2004.
39. Системы утепления и отделки фасадов. // Застройщик. - 2003. - №5. - с.10-134.
40. Системы утепления наружных стен «Тех-Color». Инструкция по монтажу систем утепления наружных стен «ТЕКС-КОЛОР А2 и В1». - М., 2002.
41. Системы «Минерикс» наружной теплоизоляции фасадов зданий. Альбом технических решений для массового применения. - М., 2004.
42. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. - М.: Стройиздат, 1989.
43. СНиП 2.08.01-85 «Жилые здания». - М.: Стройиздат, 1986.
44. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». - М.: Госстрой России, 1999.
45. СНиП Н-3-79\*\* «Строительная теплотехника». - М.: Стройиздат, 1986.
46. СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия». - М.: Стройиздат, 1987.
47. СНиП 21-07-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». - М.: Госстрой России, 2002.
48. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». - М.: Госстрой России, 2003.
49. Современное фасадостроение: работа над ошибками. // Технологии строительства. - 2004. - №4. - с. 18-23.
50. Сокова С.Д., Штейман Б.И. Об утеплении наружных стен. // Жилищное строительство. - 2002. - №11. - с. 12-15.

**Приложения**

Таблица 1.1 — Результаты обследования эксплуатируемых зданий, возведенных и реконструированных с применением фасадной

теплоизоляции с оштукатуриванием по сетке (по состоянию на апрель-май 2006 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4 | Центральная налоговая инспекция по ул. Вла­дивостокской, 5а | СУ-4 «Арт» ООО «БНЗС» | Кирпич керамический + же­сткие минераловатные плиты Rockwool 50 мм + штукатур­ка «Баумит» | Осень 2002 г. | Штукатурка находится в хорошем состоянии. | Несколько мелких верти­кальных трещин с шириной раскрытия до 1 мм в уровне 2 и 3 этажей. По сравнению с данными предыдущих об­следований (2003 и 2004 гг.) видимых изменений состоя­ния штукатурки не наблюда­ется, ширина раскрытия су­ществующих трещин не уве­личивается. |
| 5 | Центр планирования семьи, ул. Гафури, 74 (реконструкция) | СУ-4 «Акцент» ООО «БНЗС» | Кирпич керамический + пе­нополистирол ПСБ-С с про­тивопожарными рассечками из жестких минераловатных плит «Rockwool» (декора­тивные детали из минерало­ватных плит толщиной 100 - 400 мм) + штукатурка «Бау­мит» | Осень 2001 г. | В сентябре 2003 года на­блюдаются множествен­ные мелкие трещины. В мае 2004 года новых трещин нет, ширина рас­крытия уже существую­щих трещин не измени­лась (ширина раскрытия трещин оценивалась ви­зуально, без установки маяков, что допускает некоторую погрешность при определении дина­мики их развития). На переднем фасаде трещин больше, чем на заднем. В мае 2006 года видимых изменений состояния штукатурки не зафикси­ровано, поэтому можно говорить о стабилизации процесса трещинообразо- вания в штукатурном по­крытии. | Вертикальные трещины на выступающих над гладью стены декоративных элемен­тах по всему периметру зда­ния в количестве 1 — 2 на п.м декоративного элемента и практически в каждом его изломе, ширина раскрытия — до 1 мм. Они возникли в ре­зультате замачивания дожде­вой и снеговой водой, кото­рая скапливается на горизон­тальной поверхности декора­тивного элемента. По глади стены много трещин на пе­реднем фасаде, на заднем фасаде они есть на отдель­ных участках. По площади стены трещины с шириной раскрытия до 1 мм идут в вертикальном направлении между оконными проемами смежных этажей, диагональ­ные трещины идут от углов оконных проемов, а также в местах оконных сливов. |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 | АБК по ул. Коммуни­стической, 50а (конфе­ренц-зал) | СУ-3ООО «БНЗС» | Кирпич керамический + пенополистирол ПСБ-С + штукатурка «Баумит | Осень 2002 г. | Штукатурка в целом на­ходится в хорошем со­стоянии. Есть определён­ное количество мелких трещин, не снижающих эксплуатационных харак­теристик системы. | В октябре 2003 года зафик­сировано несколько мелких трещин длиной с шириной раскрытия до 1 мм, идущих от углов оконных проемов. В мае 2004 года увеличения ширины раскрытия сущест­вующих трещин не наблю­далось, появились новые мелкие (с шириной раскры­тия до 0,3 мм) волосяные трещины по глади стены. В мае 2006 года видимых из­менений состояния штука­турки не наблюдается, уве­личения ширины раскрытия трещин и появления новых не зафиксировано. |
| 7 | Санаторий «Юматово», спальный корпус №3 (реконструкция) | СУ-4 «Акцент» ООО «БНЗС» | Кирпич керамический + пенополистирол ПСБ-С + штукатурка «Баумит | 2000-2001 гг. | Штукатурка находится в целом в удовлетвори­тельном состоянии. | Диагональные трещины от углов оконных проемов с шириной раскрытия до 1 мм (примерно около 20% про­емов), а также отдельные вертикальные трещины по площади стены с шириной раскрытия до 0,5 мм. Трещи­ны силового происхождения по штукатурке балконных плит и их ограждению. Час­тичное и полное разрушение штукатурки на локальных участках в результате попе­ременного замачивания и осушения в местах регуляр­ного попадания воды из-за неправильно выполненного водостока. |