

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

Архитектурно-строительный институт

Кафедра «Городское строительство и хозяйство»

направление подготовки 08.04.01 Строительство
направленность (профиль) "Техническая эксплуатация и реконструкция
зданий и сооружений"

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Сравнительная оценка применения цементно-песчаного раствора
и клея при возведении каменной кладки из блоков ячеистого бетона

Студент В.В.Вяхирева _____
(И.О.Фамилия) (личная подпись)

Научный
руководитель Е.М.Третьякова _____
(И.О.Фамилия) (личная подпись)

Консультанты _____
(И.О.Фамилия) (личная подпись)

(И.О.Фамилия) (личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., доцент В.А.Ерышев _____
(ученая степень, звание, И.О.Фамилия) (личная подпись)

" ____ " _____ 20 ____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н. Д.С.Тошин _____
(ученая степень, звание, И.О.Фамилия) (личная подпись)

" ____ " _____ 20 ____ г.

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1.1 История применения кладочных растворов	8
1.2 Требования, предъявляемые к материалам для кладки стен из газобетонных блоков	21
1.3 Сравнение энергоэффективности клеевого и цементно-песчаного раствора в кладке стен из газоблоков D600	29
1.4 Расчет стоимости 1 м ² кладки при толщине стены 400 мм (в один блок)	41
1.5 Выводы по разделу 1	51
РАЗДЕЛ 2 ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ	52
2.1 Проведение эксперимента на осевое сжатие	52
2.1.1 Организация проведения испытания	52
2.1.2 Описание выполнения испытания	54
2.2 Проведение эксперимента на прямой отрыв	58
2.2.1 Организация проведения испытания	58
2.2.2 Описание выполнения испытания	60
2.3 Выводы по главе 2	72
ГЛАВА 3 АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	73
3.1. Численная оценка влияния состава шва на прочность при сжатии	73
3.1.1 Определение характера разрушения образцов	75
3.1.2 Построение графиков зависимостей	75
3.2. Численная оценка влияния растворного шва на деформацию кладки	80

3.2.1 Определение характера разрушения образцов.....	80
3.2.2 Построение графиков зависимостей напряжений от деформаций	81
3.3 Выводы по разделу 3.....	87
4. Сравнительный анализ для разделов 1,2,3	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:	92

ВВЕДЕНИЕ

Применение специализированных растворов на основе сухих строительных смесей по ГОСТ 31357–2007 или полимерных клеев для каменной кладки позволяет существенно повысить сравнительно высокую адгезию материала кладочного шва к блокам.

Нормируемые характеристики каменной кладки, используемые при проектировании зданий, возводимых как в обычных, так и в сейсмоопасных регионах РФ, зафиксированы в СП 15.13330.2012 и СП 14.13330.2011.

К этим характеристикам относятся:

- расчетное сопротивление кладки сжатию;
- расчетное сопротивление кладки растяжению по перевязанному и неперевязанному сечениям;
- сопротивление растяжению при изгибе по перевязанному и неперевязанному сечениям;
- расчетное сопротивление кладки срезу.

Практически все перечисленные характеристики кладки имеют соответствие в нормативных документах Евросоюза.

Исключением является величина нормального сцепления, которая нормируется в, определяется по ГОСТ 24992 и не включена в. Для оценки адгезии между материалом шва и кладочными изделиями в используется величина касательного сцепления, определяемая по методике EN 1052-3.

Нормируемые характеристики растворов для кладки перечислены в ГОСТ 31357 и EN 998-2. К свойствам затвердевших растворов, влияющим на прочность кладочного шва, относятся лишь некоторые из них: прочность при сжатии и прочность сцепления с основанием.

При этом в ГОСТ 31357 приведена методика, позволяющая определить адгезию раствора к основанию из тяжелого бетона (с водопоглощением не более 6%).

Методика определения адгезии растворов к блокам из ячеистого бетона в действующих нормативных документах обязательного применения отсутствует.

Производство автоклавного газобетона в виде стеновых блоков в настоящее время является основным привлекательным направлением для инвестиций.

По данным «Академии Конъюнктуры Промышленных Рынков» каждый год в России выпускается ячеистобетонных блоков около 7 млн. м³, при этом потенциальная емкость рынка примерно составляет 30 млн. м³. Ежегодный спрос на такую продукцию до 2010 года находился в пределах 40-45%.

Этот резерв главным образом связан со следующими факторами: во-первых, с реализацией программы «Жилище», а во-вторых, с жесткими требованиями по тепловой защите зданий и сооружений, принятых когда-то Госстроем в СНиП и Правительством России федерального закона №261 - ФЗ «Об энергосбережении» в новой редакции. В связи с этим энергоэффективные, технологичные и недорогие материалы, к числу которых относится и ячеистый бетон, являются самыми перспективными на сегодня в строительстве. Для кладки блоков из такого бетона подготовлена особая технология, которая учитывает применение специального клеевого раствора в швах кладки.

Однако на практике всё совсем по-другому. Строители используют в основном цементно-песчаные смеси. Связано это с удешевлением строительства, так как цементно-песчаная смесь дешевле, нежели клеевая.

С применением цементно-песчаного раствора в кладке стен из ячеистобетонных блоков возникает ряд проблем, одна из которых

появление в вертикальных швах кладки трещин. С чем это связано, и какое влияние оказывает несоблюдение технологии рассмотрено в данной диссертации.

Цель работы

Целью магистерской работы является обоснование эффективности применения клея при возведении каменной кладки из блоков ячеистого бетона.

Задачи

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести исследование показателей энергоэффективности наружной стены, выполненной кладкой из газобетонных блоков с клеевым и цементно-песчаным раствором;
- провести расчет себестоимости 1 м² кладки с различным кладочным раствором;
- провести эксперимент на прочность нормального сцепления для кладок на клею и на цементно-песчаном растворе;
- провести эксперимент на прочность клея и цементно-песчаного раствора на сжатие, определив тем самым набор прочности;
- разработать таблицу с ТЭП.

Объект исследования

Каменная кладка из газоблоков на цементно-песчаном и клеевом растворе.

Предмет исследования

Термическое сопротивление, материалоемкость, стоимость 1 м² кладки, время при наборе прочности смеси, проектная прочность материала, адгезия.

Научная новизна

Ранее никто не занимался вопросом целесообразности использования

клея вместо цементно-песчаного раствора в кладке из газобетонных блоков. Для выявления проблем использования цементно-песчаной смеси собран и испытан фрагмент кладки с разным исполнением швов. Метод позволяет сравнить адгезию.

Апробация работы

Основные положения по вопросам адгезии отражены в научной публикации "Сравнительная оценка адгезии клея и цементно-песчаного раствора с газобетоном". Результаты теплотехнического анализа представлены в статье "Сравнительный анализ теплопроводности стены из газобетона, выполненной на цементно-песчаном и клеевом растворе".

РАЗДЕЛ 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КЛАДКИ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

1.1 История применения кладочных растворов

За много лет до нашей эры человек уже умел обрабатывать природные камни и возводить из них разные сооружения. При этом постепенно был совершен переход от кладки «насухо» к кладке на глине, а когда были раскрыты свойства известняка - на известковом растворе.

Еще с древних времен камень составляет ядро строительства. Уже в доисторический период, в так называемый «каменный век», человек сооружал из природных камней убежища пещерного типа и гробницы для могущественных предводителей. К таким сооружениям относятся так называемые дольмены, менгиры и кромлехи.

Дольмены – представляли собой две плиты из камня, который в длину достигали человеческого роста, поставленные как опоры, на которые сверху положена такая же плита. Такие конструкции были найдены во всех землях, в Средней Азии, Индии, Скандинавии, на Кавказе и даже в Африке.

К другим памятникам архитектуры того времени относятся так называемые менгиры – это каменные колоды, поставленные стоймя, рядами или поодиночке.

Если менгиры ставили в виде круга, то такое сооружение называлось кромлех. Сохранились остатки кромлех, состоящие из сотен огромных колод, а в середине их дольмен. По всей вероятности, все эти каменные сооружения ставились или как религиозные памятники, или в честь важных лиц. Некоторые ученые думают, что кромлехи -- это храм Солнцу.

Следующим этапом применения естественного камня в постройках было возведение из совсем неотесанных камней стен укреплений или

жилищ. Камни накладывались друг на друга почти без всякого порядка. Если камень не мог плотно прилегать к другому, то пространство между ними заполняли осколками; во всяком случае неведомые нам мастера старались так подбирать камни, чтобы они по возможности плотнее прилегали друг к другу без раствора. Такие стены для жилых построек ставились обычно около скалы или у стены крепости, чтобы достаточно было возвести лишь две стены, перекрыть двумя-тремя бревнами, наложить ветки вместе с листьями и присыпать землей.

С первого по второе тысячелетие до нашей эры, наряду с природным камнем, и в местах, где его мало, началось применение сырцового кирпича (высушенные на солнце кирпичи из глины) и глинобитных камней (глина, смешанная с соломой) для строительства оборонительных и дворцовых сооружений, а также богатых домов.

Кладку конструкций вели с использованием ещё сырых кирпичей; укладываемых друг на друга без раствора. Они плотно слипались между собой, обеспечивая тем самым монолитность кладки. Высушенные кирпичи и глинобитные камни укладывали на глину и известь. Применялись и другие способы кладки. Например, греческие дома за много лет до нашей эры строили из просушенного глиняного кирпича - сырца. При кладке кирпичи укладывали друг на друга, смочив их небольшим количеством воды.

В итоге в I тысячелетии до н. э. человек уже умел обжигать глиняные кирпичи; кладку стен вели на известковом или другом прочном растворе. По существу это были прямоугольные керамические плиты длиной от 31 до 65 см и толщиной 5...10 см.

Строители древнего Китая использовали клейкий глютинозный для приготовления чрезвычайно прочного строительного раствора при возведении городских стен и других конструкций, способных выдерживать даже землетрясения.

Китайский ученый и его коллеги отмечают, что у строителей Древнего Китая имелась своя технология по приготовлению строительного раствора с добавлением в него отвара из клейкого риса и гашеной извести около 15 веков назад. Раньше это считался первый составной материал, состоящий из органики и минеральных связующих. Полученный раствор отличало наличие повышенной прочности, а также устойчивости к влаге, что ученый считает значительным технологическим достижением того времени. Строители использовали этот раствор для возведения важных сооружений, таких как городские стены, пагоды, гробницы, некоторые из них сохранились и по сей день. Эти сооружения не удалось разрушить ни землетрясениям, ни современным бульдозерам.

Исследователи полагают, что легендарной прочности раствор обязан амилопектину, одному из полисахаридов (или сложных углеводов), содержащемуся в рисе и некоторых других продуктах питания, имеющих в своем составе крахмал.

«Аналитические исследования показывают, что раствор, который использовали в древних каменных кладках, представляет собой специфический органо-неорганический композиционный материал», - объясняют ученые из Китая. Карбонат кальция - неорганический компонент, (выделяющийся при затвердевании строительной смеси на основе гидроксида кальция - гашеной извести), амилопектин - органический, попадающий в раствор в составе рисового отвара. Амилопектин в строительном растворе также играет роль ускорителя роста кристаллов карбоната кальция, в итоге формируется компактная микроструктура затвердевшего раствора, что и служит причиной его долгой работы в каменной кладке.

История применения известковых растворов насчитывает более 8000 лет. В зависимости от свойств исходного сырья получали воздушную белую (чистый известняк) либо гидравлическую серую известь (с

глинистыми примесями). Белую известь использовали в основном при штукатурной работе, а серую применяли при кладке. Гипсовые растворы впервые были использованы в Вавилоне приблизительно 6000 лет назад. Растворы гидравлического твердения, основанные на пуццоланах (порошкообразном вулканическом пепле) известны больше 3000 лет и использовались в основном древними финикийцами, греками и римлянами. По долговечности строений у древнеримских строителей нет конкурентов и по сей день. Серьёзным достижением стала адаптация составов растворов под определённые виды стеновых материалов и условий их работы. В качестве заполнителя применяли мелкотолченую керамику (цемянку), туф и пемзу. В качестве цемянки использовалась как обожженная специально и затем перемолотая глина, так и недообоженный кирпич, а позднее - мелкотолченый кирпичный бой более крупных фракций. Это уменьшало при твердении усадку и повышало трещиностойкость. Во времена раннего зодчества песок практически не использовался при приготовлении строительных растворов в качестве заполнителя, его заменяли дробленным алебастром (применялся в гипсовых системах).

Впервые Е.Г. Челиев в своей книге «Трактат об искусстве готовить хорошие строительные растворы» (1822 г, Санкт Петербург) обобщил опыт предков изготовления растворов. Позже, в 1825 году Челиев в своем труде "Полное наставление, как готовить дешевый и лучший мертель или цемент, весьма прочный для подводных строений" осветил вопросы улучшения свойств вяжущих материалов. Книга написана на основе накопленного опыта при восстановлении Кремля, разрушенного во время Отечественной войны 1812 года. Именно тогда он начал экспериментировать с различными материалами, для поиска эффективного скрепляющего состава для камня и кирпича [3]. Современная практика строительства, отсчётом которой можно считать начало XIX века,

ориентируется на применение растворов на основе высокопрочных вяжущих, в частности цементов. С целью улучшения технических и эксплуатационных характеристик строительных растворов в практику вошло применение различных добавок (мыла, смолы, белки и пепел). Это было связано с повысившимися требованиями к качеству, конструктивным особенностям и техническим возможностям возводимых сооружений [4]. С развитием материаловедения в XX веке и производства строительных растворов менялся не только состав кладочных растворов, но и технология изготовления.

Как следствие, в странах западного мира, начиная с 1960-х гг., в отрасли строительных растворов наблюдаются следующие тенденции, которые в настоящее время можно проследить по всему миру:

- постепенное вытеснение традиционных строительных растворов взамен сухим строительным смесям;
- механизация применения строительных растворных смесей, включая системы транспортировки, автоматического затворения сухой строительной смеси, а также машинной укладки жидких строительных растворов;
- модификация строительных растворных смесей с использованием полимерных вяжущих веществ (редисперсионных порошков) и специальных добавок (например, эфиров целлюлозы) [3]. Отечественная отрасль сухих строительных смесей (ССС) находится только в самом начале своего развития: практически отсутствует нормативная база, только стали появляться высококачественные смеси, способные конкурировать с зарубежными аналогами, наблюдается значительное отставание в номенклатуре производимых продуктов строительной химии и т.д. Обзор литературы показывает нам, что в России отсутствовала отрасль сухих смесей до недавнего времени, а разработки велись, в основном, в смежных областях, таких как разработка наполненных вяжущих, их механическая

активация, исследования гранулометрических составов заполнителей для бетонов, разрабатывались способы приготовления смесей и их составы [4-37].

Наибольшим успехом среди строительных сухих смесей пользуются шпаклевки, их покупают более 60 % потребителей. Около 50 % используют штукатурку и универсальные смеси. Чуть меньшую долю занимает клей для плитки, грунтовка и затирки для швов. Гидроизоляция и наливные полы, еще несколько лет назад не имевшие особого успеха, в последнее время все шире применяются строителями. Российский рынок смесей находится в стадии активного роста, по темпам опережающего другие сегменты строительно-отделочной индустрии, причем рост рынка обеспечивается в основном отечественными предприятиями, а доля импортируемых смесей постоянно снижается. Бурное развитие жилищного строительства вызвало значительный мультипликативный эффект – потянуло за собой, прежде всего, промышленность строительных материалов, в частности рост производства сухих строительных смесей. В сентябре 2012 г. маркетинговое агентство DISCOVERY Research Group завершило исследование российского рынка сухих строительных смесей (ССС).

В последнее время ведется активное строительство и модернизация заводов по производству СССР, что неизбежно приведет к увеличению производства высококачественной продукции. Перспективы роста рынка сухих строительных материалов связывают с увеличением объемов строительства и улучшением инвестиционного климата. Рынок смесей характеризуется умеренной степенью концентрации: на пять компаний-лидеров приходится чуть более половины рынка. В последние годы постоянно увеличивается число производителей сухих строительных смесей на российском рынке.

Поэтому наличие в нашей стране мощной индустрии по производству вяжущих материалов в сочетании с богатыми природными запасами минерального сырья представляют собой прекрасную базу для развития отечественного производства сухих строительных смесей. Таким образом, отечественным производителям при продвижении своих марок сухих строительных смесей необходимо учитывать следующие характерные для рынка тенденции: • большинство российских строительных и ремонтных организаций готовы широко использовать в своей работе сухие смеси. При отделке зданий и помещений плиткой эти материалы практически полностью превосходят традиционные растворы. Значительный объем потребления приходится на долю индивидуальных потребителей и мелких строительных организаций; • ожидается стремительное увеличение спроса на сухие строительные смеси в связи со стабилизацией экономического положения и расцветом строительства, что потребует увеличения производства, прежде всего за счет расширения имеющихся мощностей путем активного инвестирования в сферу производства сухих строительных смесей; • на данный момент на рынке сухих смесей сложилась ситуация, когда более высокая цена товара вовсе не означает превосходство его качественных характеристик над своими аналогами.

Любой импорт в настоящее время – слишком дорогое удовольствие. Дешевле и патриотичнее организовать производство в России на основе местных материалов. Такой товар более дешев, в силу описанных выше экономических предпосылок, а качеством зачастую превосходит импортные аналоги. Поэтому отечественные сухие смеси – это конкурентоспособный продукт, который в перспективе должен полностью вытеснить зарубежные аналоги с рынка. В связи с развитием российского рынка сухих строительных смесей, необходимостью популяризации их среди профессиональных строителей, отделочников и широкого круга

потребителей, появлением контрафактной продукции, а также для представления и отстаивания интересов предприятий отрасли в 1999 году было создано некоммерческое партнерство «Союз производителей сухих строительных смесей» по инициативе компаний ООО «ЭМ – Си Баухеми Россия» (ранее «Отли»), ЗАО «ПП «Крепс»» и ООО «Петромикс». Позднее в состав Союза вошли крупнейшие известные отраслевые фирмы [41]. Представленный экскурс в историческое и техническое развитие отрасли строительных растворов показывает важность и эффективность массового производства и применения качественных сухих строительных смесей различного назначения. При этом качество и экономические показатели выпускаемой продукции определяются выбором составляющих компонентов, рациональным их использованием и оптимальностью разработанной рецептуры. Это позволяет сформулировать одно из наиболее перспективных направлений развития данной отрасли непосредственно в России – организация производства высокоэффективных сухих строительных смесей с максимальным использованием местной сырьевой базы, в том числе отходов. При этом разработка эффективных строительных растворов должна учитывать специфику и потребности региона, затрагивать вопросы рационального использования минерального сырья и экологии региона.

Обобщенная технологическая схема производства сухих строительных смесей расширенной номенклатуры представлена на рисунке 2. Поставка исходных компонентов на предприятие осуществляется посредством авто- и железнодорожного транспорта, поз. 1, 2. Хранение вяжущих веществ предусмотрено на складах силосного типа 3. Химические модифицирующие добавки складировются в сухих отапливаемых помещениях 4. Заполнители и наполнители обычно хранятся на складах штабельного типа 5, 6. Песок со склада 5 по галерее

ленточных конвейеров 7 через питатель 8 подается в сушильный агрегат 9. Сушка песка осуществляется при температуре от 550 °С до 600 °С.

Впервые патент на сухие строительные смеси был выпущен в 1983 году. В Европе до 1950-х годов строительные смеси изготавливали прямо на площадке. Затем В Германии и США наблюдается возрастание спроса именно на сухую продукцию строительных смесей.

Все это произошло по ряду причин: не хватало рабочих; нужно было сокращать сроки времени строительства, а также расходы; наблюдался рост затрат на рабочий персонал; возникновение новых материалов в строительстве; возрос спрос на строение более надежные по своему качеству и технологии.

Существовавшая на тот момент технология по приготовлению строительного раствора была не в состоянии обеспечить спрос.

В следствии этого, на Западе в отрасли растворов появились новые тенденции: постепенное вытеснение традиционных строительных растворов взамен сухим строительным смесям; транспортирование раствора. Отрасль же отечественного производства сухих смесей находится пока на начальном этапе развития. Норм и правил пока что практически не существует, смеси высокого качества только ещё начали появляться и т.д.

В России на тот момент как таковая отрасль, занимающаяся сухими смесями, отсутствовала. Открытия совершались в схожих областях: к примеру, велась разработка наполнителей, исследование гранулометрического состава, рассматривались всевозможные идеи состава смесей. В тот момент стало появляться большое количество патентов. Этот период можно разделить на три этапа:

Первый этап (до 1985г). Этап характеризуется повышенным интересом к отрасли бесклнкерных вяжущих с использованием отходов промышленности.

Второй этап попадает на времена политического и экономического кризисов. Как следствие, наблюдалось значительное снижение роста производства.

Однако исследования в этой области не прекращаются до сих пор, активно внедряются золы, шламы, пыли. Также появляются впервые в России патенты на специализированные химические добавки и технологию в области сухих смесей, где главную позицию занимает Германия.

Третий этап(современный). Данный период характеризуется применением вяжущих с направленным действием, заполнителей с определенным составом и химических добавок.

В России сухие строительные смеси начали применяться с 1990 года и приобрели большую популярность у строителей. На сегодняшний момент рост производства в России составляет 20 % ежегодно. Дальнейшие перспективы в развитии этой области оцениваются экспертами, как наиболее благоприятные - строительные фирмы всё чаще используют в производстве сухие строительные смеси.

Наибольшим успехом среди сухих строительных смесей пользуются шпаклевки. Шпаклевки берут в пользование более половины потребителей. Около половины используют штукатурные смеси. Чуть меньшим спросом пользуется плиточный клей, а также затирка для швов. В последнее время наблюдается тенденция к применению гидроизоляционных материалов и наливных полов в помещениях. Рынок российских смесей на данный момент растет, при этом рост обеспечивают отечественные фирмы и заводы, а на долю импорта приходится всё меньше и меньше спроса.

В настоящий момент в России насчитывается несколько сотен фирм, занимающихся производством сухих строительных смесей. Рынок сухих смесей на сегодняшний день можно разделить на 3 группы:

1. Дорогостоящие смеси иностранного производителя;
2. Смеси отечественного производителя средней цены;
3. Смеси , ориентированные целиком на российское качество продукции.

Третья группа смесей пользуется наибольшим спросом у производителей, так как она имеет невысокую цену и, тем самым, пользуется максимальным спросом у потребителей.

Рост рынка сухих смесей связан в первую очередь с увеличением доли строительства. Большой объем сухих строительных смесей производится в России. Исходя из этого, важно иметь богатую природную базу материальных ресурсов, а так же крупное производство вяжущих.

Можно выделить 3 этапа становления высокотехнологичных растворов. Своеобразной вершиной эволюции на сегодняшний день являются сухие строительные смеси (ССС). Первый патент на изготовление и применение сухих строительных смесей был выдан в Европе ещё в 1893 г., хотя до 1950 года в строительстве применялись исключительно растворные смеси, приготовленные на строительной площадке путем смешивания всех компонентов раствора. [5]. Несмотря на высокую технологичность СССР, для классической (толстошовной) каменной кладки в нашей стране они не нашли широкого применения. Из общего количества производимых в России СССР, доля кладочных смесей составляет всего около 1,5 % [6]. Приоритетными целями новейшего этапа развития строительной технологии, является высокая надежность и долговечность конструкций – как основной аспект безопасности людей, присутствующих в зданиях и сооружениях [7].

За последние годы произошли большие изменения в строительстве из каменных материалов. Увеличение этажности современных зданий и усложнение задач реконструкции существующих зданий и сооружений диктуют необходимость разрабатывать и внедрять инновационные приёмы

приготовления высокоэффективных кладочных растворных смесей с улучшенными технологическими свойствами (высокая водоудерживающая способность, проникающая способность, адгезионные свойства и др.). Не смотря на высокую конкуренцию со стороны железобетона, более прочного и надёжного по своей сути, качественная кирпичная кладка не теряет своих позиций по архитектурной выразительности, становясь атрибутом финансового благополучия. Таким образом, с учётом опыта строителей прошлого, введивших в кладочные растворы родственный дроблёный стеновой материал, основываясь на современной теоретической базе, продолжение эволюционного процесса повышения прочности и безопасности кладки из различных видов стеновых материалов, возможно за счёт разработки новых принципов проектирования составов растворов, с учетом поверхностных свойств кладочного элемента.

Технологию строительства домов из блоков ячеистого бетона начали использовать в Европе, откуда она и пришла к нам. Уже на протяжении многих лет газобетон является популярным материалом, который хорошо зарекомендовал себя, благодаря своим свойствам. Многие десятилетия такие дома стоят в большинстве стран Канады, Азии и Европы.

Газобетон – прекрасная альтернатива кирпичу, так как он отличается своими хорошими теплоизоляционными свойствами, надежностью, прочностью и долговечностью. Этот материал уже завоевал почтение у большинства строителей и застройщиков, так как он имеет множество достоинств. Какие же они?

Именно за эти характеристики, газоблоки набирают все больше популярности:

1. Газобетон имеет низкую теплопроводность, поэтому здания из него имеют гораздо лучшие теплофизические показатели, чем дома из кирпича, бетона или дерева.

2. Пористая структура газобетона наделяет стены высокой воздухо- и паропроницаемостью. Дома, построенные из газоблоков, имеют постоянную регулировку влажности воздуха и циркуляцию воздухообмена, благодаря которым создается хороший микроклимат, такой же, как и в натуральных деревянных домах.
3. Газоблоки изготовлены по точным размерам с минимальными допусками и гладкой поверхностью, поэтому при кладке стен можно пользоваться специальным клеем, что ускорит процесс строительства и предотвратит образование мостиков холода в ходе эксплуатации. Также процесс ускоряется, ввиду больших размеров блоков.
4. Газобетон огнестойкий и экологический материал.
5. Материал имеет пористую структуру, благодаря которой вес блоков и соответственно нагрузка на фундамент не такая, как у других строительных материалов. Это позволяет снизить расходы на устройство фундамента.
6. Благодаря своей высокой прочности, газобетон не ломается, не крошится и сохраняет первоначальный внешний вид.
7. По мнению многих специалистов, здание из газобетона способно прослужить больше 30 лет.
8. Газобетон обладает высокой абсорбирующей поверхностью, что позволяет хорошо схватываться со штукатуркой и другими материалами.

Такие преимущества позволяют использовать материал для строительства собственного дома. Однако при возведении стен из мелкоштучных газобетонных изделий (блоков) требуется применение цементных растворов, в качестве которых обычно используются либо цементно-песчаные растворы, либо цементные клеи.

В использовании клея есть следующие плюсы:

- идеальные стыки;

- очень ровная кладка стен;
- нет мостиков холода;
- с ним проще и легче работать.

Но важно учесть, что:

- в ходе эксплуатации клей будет выделять различные токсины;
- его цена гораздо выше, чем у раствора.

Обычный же раствор состоит из воды, цемента и песка. Из минусов следует отметить, что производить кладку несколько труднее, чем с использованием клея, так как постоянно нужно следить за ровностью кладки. Но исправлять эти неровности с использованием раствора гораздо легче.

В связи с тем, что цементные растворы, применяемые в кладке стены из ячеистобетонных блоков, имеют теплопроводность значительно выше, чем ячеистый бетон марок по плотности D400-D600, наличие растворных швов в кладке ведет к образованию так называемых "мостиков холода".

Дополнительные теплотери приводят к необходимости увеличения расчетной мощности системы отопления и как следствие, увеличению расхода в здании тепловой энергии на отопление в течение отопительного периода.

1.2 Требования, предъявляемые к материалам для кладки стен из газобетонных блоков

Известно, что ввиду специфики условий применения и эксплуатации в виде тонких прослоек между пористыми материалами, требования к растворным смесям значительно отличаются от их «ближайших родственников» - бетонов.

Приоритетные для тяжёлых бетонов прочностные показатели уступают место водоудерживающей способности, создающей

предпосылки для возможности лёгкого нанесения тонким слоем и хорошей адгезии к основному кладочному материалу. Раствор практически всегда вынужден твердеть в условиях неблагоприятно пониженной влажности. Приготовление растворов в большинстве случаев производится на стройплощадке, зачастую работниками низкой квалификации, что так же оказывает влияние на конечный результат. Ведя речь о сложившейся практике приготовления и применения кладочных растворов уместно их условное деление на «традиционные» и «современные».

Под «традиционными» стоит понимать материалы, основные технологические свойства которых достигаются за счёт применения преимущественно минеральных компонентов.

Примером таких растворов могут служить цементно-известково-песчаные, цементно-глиняно-песчаные и тому подобные, применяемые с момента появления портландцемента для ведения толстошовной кладки, и формирующие 15...20% её объёма. Достоинствами таких растворов является доступность и дешевизна применяемых материалов, приемлемые технические показатели смесей. Однако, величина сцепления с материалом, часто недостаточна для реализации потенциала основного кладочного материала. Конструкции имеют низкую надёжность при динамических воздействиях (вибрации, землетрясения, взрывы), и сложном характере работы (возникновение изгибающих и скручивающих моментов, сдвиговых напряжений).

Морфология и фракционный состав порошков минеральных добавок представлен на рис. 4. Анализ структуры исследуемых порошков показал, что средний размер частиц минеральной добавки украинского производства на два порядка меньше, чем гранул Липецкого микрокремнезема. Морфология частиц украинской добавки ПЛКП представляет собой остроугольные осколки длиной до 5 мкм, не склонные к сегрегациям. Крупные сферические органоминеральные гранулы

русской добавки производства Новолипецкого металлургического комбината диаметрами до 500 мкм в соответствии с могут дополнительно содержать суперпластификатор (СП-1) марки С-3, нитрилотимеифосфоновую кислоту, нитрит натрия, смолу нейтрализованную воздухововлекающую (СНВ), формальдегид, соли лигносульфоновой кислоты, комплексные соли нитрилотимеифосфоновой кислоты, оксиэтилдифосфоновую кислоту и динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты. Морфология частиц микрокремнезёма Новокузнецкого металлургического комбината существенно отличается от предварительно рассмотренных минеральных добавок. В отличие от минеральной добавки ПЛКП, частицы микрокремнезёма Новокузнецкого МК округлой формы имеют средний диаметр около 0,1 мкм.

В отличие от украинской, русские добавки содержат вредный элемент – хлор. Средняя массовая концентрация ионов хлора в этих добавках составляет около 0,11 %. Учитывая, что дозировка минеральных добавок в бетоны, относительно химических, на порядок больше, и указанная массовая доля увеличивается примерно в 10 раз, необходимо иметь в виду отрицательное влияние подобных хлорсодержащих добавок на коррозионную стойкость арматуры в железобетоне, особенно в предварительно напряженных конструкциях.

Анализ показал, что украинская добавка содержит повышенное количество оксида кремния 96,19...96,27 %, что в среднем превышает его содержание в русской добавке Липецкого микрокремнезема более чем на 7 % или в 1,08 раза и благоприятно сказывается на механических характеристиках бетонов. Исследования с помощью оптического микроскопа позволили обнаружить значительное количество мелких диаметром до 5...10 мкм корольков окисла железа. Так как с помощью растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального

анализа не возможно корректно определить их количество, использовался метод спектральной количественной оценки добавок геохимическим ручным анализатором горных пород.

Как следует, кроме небольшого количества натрия, магния, алюминия и калия, в указанных корольках содержится более восьми массовых процентов кремния. Повышенная концентрация корольков окислов железа в украинской добавке способствует уплотнению структуры цементного камня и, как следствие, повышению физико-механических характеристик бетонов и строительных растворов. Все выше приведенные добавки имеют одинаковые показатели влажности – около 1 %. После испытаний на влажность, частицы российской добавки Новолипецкого металлургического комбината при температуре 260 °С образовали прочные спечённые конгломераты. Частицы украинской минеральной добавки также сегрегировали, образовав непрочные, рассыпающиеся при прикосновении конгломераты диаметром до 50 мкм.

Испытания на прочность при сжатии показали, что использование минеральной добавки металлургического происхождения в составе украинской добавки ПЛКП позволяет достичь наиболее высоких значений прочности на разных стадиях твердения.

Зависимость прочности на сжатие бетонов на основе российских вяжущих и заполнителей с украинской добавкой ПЛКП с основой из микрокремнезёма металлургического происхождения (МК) и добавлением суперпластификатора С-3 (СП-1 производства ОАО «Полипласт») и поликарбоксилатов (ПКБ) и российской добавки Липецкого микрокремнезема от продолжительности затвердевания Прирост прочности по отношению к контрольному образцу бетонов с украинской добавкой ПЛКП после пропарки составил от 148 до 152 %, на ранних стадиях нормального твердения на первые сутки от 203 до 295 %, на седьмые 141...152 %, и на 28 сутки твердения 145...156 %. При этом

русская добавка показала относительный прирост прочности значительно более низкий – 89 % после пропарки, 153 % на первые сутки нормального твердения, 206 % на седьмые и 100 % на 28 сутки нормального твердения. Исследования прочности образцов бетона с украинской добавкой на 56 сутки показали, что интенсивный прирост прочности продолжается и абсолютные её показатели превосходят 115 МПа. Средняя плотность бетонной смеси испытанных образцов – 2435 кг/м³, средняя осадка конуса в образцах с добавками составляла 22 см. Добавку вводили в количестве около 12 % от массы цемента. Температура пропарки С.° составляла около 80 Исследование структуры и свойств минеральных добавок к бетонам и строительным растворам показало, что наилучшие механические характеристики бетонам обеспечивает украинская добавка ПЛКП состоящая из основы – микрокремнезёма металлургического происхождения и поликарбоксилатов. Указанная добавка способствует стабильному повышению прочности на 28 сутки выше 90 МПа. Высокие механические характеристики обусловлены особенностями морфологии и химического состава микрокремнезёма. Наличие в русских добавках около 0,11 % (масс.) ионов хлора при концентрации их в бетоне более 7 % может вызвать коррозию арматуры и значительно снизить долговечность железобетонных конструкций. Использование минеральных добавок ПЛКП позволяет повысить физико-механические характеристики бетонов их долговечность, и за счёт активного аморфного микрокремнезёма связать растворимые соединения кальция для предотвращения его вымывания в случае использования добавок в гидротехнических сооружениях.

Под «современными» растворами мы понимаем материалы, специальные свойства которых обеспечиваются, в основном, за счёт применения химических добавок-модификаторов, например эфиров целлюлозы, редиспергируемых порошков и др. Такой подход лежит в

основе подавляющего большинства товарных сухих строительных смесей (ССС). Использование эффективных модификаторов позволяет легко обеспечивать практически любые свойства растворов, трудно достижимые или недостижимые на исключительно минеральном сырье. Существенным недостатком является высокая цена, оправданная при их минимальном расходе в качестве клея (не более 2...3% от объёма кладки) и для решения специальных задач (ремонтные работы, монтаж элементов на вертикальные поверхности и т.п.). Имеет место и сочетание двух подходов. Например, высокодисперсные минеральные компоненты (например, известь) вводятся для удешевления и улучшения отдельных показателей СССР. А для «традиционных» кладочных растворов доступны специализированные комплексные модифицирующие добавки, предназначенные для применения на стройплощадке. Тем не менее, из желания извлечения максимальной экономии, низкокачественные растворы, применяются очень часто, особенно в скрытых работах, что создаёт потенциальную опасность для жизни и здоровья людей, наносит экономический ущерб [16, 19].

Вне зависимости от состава, кладочные растворные смеси должны обеспечивать ряд показателей:

1. Удобоукладываемость – это некая способность растворной смеси распределяться по всей поверхности основания материала сплошным тонким слоем, имея хорошую адгезию с материалом. Такая получившаяся смесь заполняет собой все неровности, включая раковины и впадины, образует с камнями в кладке единое целое. Жесткий раствор контактирует с основанием лишь отдельными частями, что ведет к снижению прочности кладки в 1,5...2 раза. Удобоукладываемость оценивают подвижностью строительной смеси. С учётом того, что высокая прочность камня не является приоритетным свойством кладочных растворов, регулирование данного показателя производится, в первую очередь, за счёт изменения

количества воды. Основным ограничением в данном случае является возможность расслоения. Тонкодисперсные минеральные компоненты, полимерные модификаторы, пластифицирующие добавки, призваны обеспечить необходимую удобоукладываемость, минимизировав негативные побочные явления.

2. Подвижность растворной смеси характеризуется глубиной погружения в нее эталонного конуса (ГлПК) [26]. Для кладки из пустотелого кирпича рекомендуется применять раствор класса подвижности ПК2 (ГПК 7...8 см), для полнотелого и штукатурных ручного нанесения – ПК3 (ГлПК 8...12 см) [27].

3. Важнейшим свойством, с точки зрения обеспечения хорошей адгезии, является водозадерживающая способность – это свойство растворной смеси удерживать в себе воду при нанесении на пористое основание и препятствовать отделению воды при перевозке. Если растворную смесь с малой водозадерживающей способностью нанести, к примеру, на кирпич, то она быстро обезводится в результате отсасывания воды кирпичом и перехода ее в поры этого материала. В этом случае затвердевший раствор будет непрочным и пористым. Такая смесь при перевозке может расслоиться: песок и вяжущее осядут, а вода окажется сверху [28]. Вододерживающую способность увеличивают путем введения в растворную смесь неорганических дисперсных минеральных добавок и органических пластификаторов. Смесь с такими добавками отдает воду пористому основанию постепенно, при этом раствор становится плотнее, хорошо сцепляется с основанием, повышается его прочность.

4. Расслаиваемость - свойство растворной смеси разделяться на твердую и жидкую фракции при транспортировании и перекачивании ее по трубам и шлангам. Смесь разделяется на воду (жидкая фаза), песок и вяжущее (твердая фаза), в результате чего в трубах и шлангах могут

образоваться пробки, устранение которых связано с большими потерями труда и времени [29, с.55]. Затвердевшие строительные растворы должны обладать заданной прочностью, определенной плотностью, морозостойкостью и водонепроницаемостью, которые гарантируют их надежную работу в течение всего периода эксплуатации конструкций.

Наибольший практический интерес представляют прочностные и адгезионные характеристики. Прочность строительного раствора определяется по марке, которая зависит от предела прочности при сжатии стандартных образцов - кубов размером 70,7х70,7х70,7 мм (для кладочных и растворов стяжек, облицовочных и штукатурных растворов с допустимой толщиной нанесения более 5 мм), изготовленных из рабочей растворной смеси и испытанных в возрасте 28 сут. (первые 3 сут. для растворов на гидравлических вяжущих - в камере нормального твердения, оставшееся время - на воздухе при температуре $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 10 \%)$). Для кладочных растворов используются формы без дна, установленные на пористом основании. Прочность строительных растворов определяется маркой вяжущего и его количеством. Влияние водовяжущего отношения, в данном случае, не столь велико как в бетонах. Это связано с тем, что пористое основание, на которое наносится раствор, отсасывает из него воду и фактическое количество воды в растворных швах становится приблизительно одинаковым [29]. Марки кладочных и штукатурных растворов, наиболее часто применяемых, значительно ниже чем марки бетонов. Это связано с тем, что прочность кладочных растворов не существенно влияет на прочность кладки из камней правильной формы, а штукатурные растворы не несут практически никакой нагрузки. Очевидно, что прочность сцепления с основанием так же важна для кладочных растворов, однако данному показателю уделяется существенно меньшее внимание.

На основе многочисленных исследований можно выделить следующие факторы, влияющие на формирование зоны контакта стенового материала с раствором:

- адсорбционные свойства камня;– состояние поверхности стенового материала (открытая пористость, ее структура);
- вид применяемого стенового материала;
- степень удобоукладываемости раствора (подвижность, консистенция);
- водоудерживающая способность;
- однородность массы раствора.

На основе исследований американского ученого Palmer [35], не только показатель прочности сцепления влияет на качество кирпичной кладки, но и площадь сцепления. На основе многочисленных опытов обнаружено неполное опирание камня на раствор, на границе контакта имеются воздушные полости, которые снижают прочность кладки. Необходимо учитывать влияние вертикальных растворных швов и их неполное заполнение раствором. Особое внимание следует обратить на зону контакта вертикального шва на основном участке. С увеличением толщины швов адгезия заметно снижается.

1.3 Сравнение энергоэффективности клеевого и цементно-песчаного раствора в кладке стен из газоблоков D600

В 2007 г. Российской Государственной Думой был принят законопроект по развитию малоэтажно- го строительства. Доля малоэтажной застройки в общем объеме жилья увеличивается с каждым годом. На данный момент (2016 г.) она составляет 62%. Планируемый процент к 2020 г составит – 71%. Очень важным пунктом эффективного проектирования на ранних этапах является выбор наружной ограждающей конструкции. Необходимо учитывать климатические условия района

строительства, доступность строительных материалов, экономическую рентабельность. Для рассмотрения был выбран Петрозаводск Северо-Западного федерального округа России, столица республики Карелия. Климат умеренно-континентальный с относительно мягкой зимой. Были выбраны наиболее часто встречающиеся на рынке стеновые конструкции с доступными для данного района строительными материалами:

1.древесина (брус):

1.1.клеёный профилированный брус; 1.2.пенополиуретановый утепленный брус (ППУ);

2.каркасные панели:

2.1.структурная изоляционная панель (SIP);

2.2.легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК);

3.однослойная каменная кладка:

3.1.блоки из газобетона;

3.2.блоки из арболита;

4.многослойная кладка:

4.1.блоки из газосиликата с э утеплителем и облицовкой штукатуркой;

4.2.блоки из газосиликата с утеплителем и облицовкой кирпичом;

4.3.блоки из газосиликата с утеплителем, вентилируемым зазором и навесным экраном (с вентфасадом).

Для привязки выбранных стеновых конструкций к климатическому району необходим теплотех- нический расчет наружной ограждающей конструкции. По его результатам получили требуемое сопро- тивление теплопередаче в соответствии с СП равное $3,473 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$, далее можно подобрать толщины слоев конструкций и сделать вывод сказать о возможности их применения в г. Петрозаводск. Приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений [2, п. 5]. В результате расчетов конструкций, стены из клеёно- го профилированного бруса и

однослойная каменная кладка из газобетонных блоков решено исключить из дальнейшего исследования. Это связано с тем, что по расчетам заводские материалы максимальной толщины не удовлетворяют условию R_0 пр R_0 норм . Таким образом, не целесообразно применять их на рассматриваемой территории строительства. Для остальных случаев были определены толщины всех слоев: 1) пенополиуретановый утепленный брус (ППУ);

В настоящее время, в малоэтажном строительстве, при общей экономической ситуации в стране, а так же курса Правительства РФ на экономию энергоресурсов, все острее встает вопрос энергосбережения и энергоэффективности. Ввиду систематического повышения стоимости энергоресурсов актуальным становится выполнение требований СП 50.13330.2012 при строительстве индивидуального жилья, что позволяет значительно снизить затраты на газ, пеллеты и тому подобное.

В малоэтажном домостроении все чаще применяются наружные ограждающие стеновые конструкции, состоящие из двух и более слоев, в которых применяются теплоизоляционные материалы. Однако, применение многослойных материалов приводит к снижению коэффициента однородности. Он составляет для однослойных конструкций 0,9; для двухслойных - 0,8; для конструкций из трёх и более слоёв - 0,7. (газобетонные и пенобетонные блоки).

Преимуществами данного материала являются:

- сравнительно низкая плотность по сравнению с другими стеновыми материалами;
- низкая трудоемкость процесса (блок ячеистого бетона заменяет несколько кирпичей);
- удобство в обработке.

В условиях климатической зоны IIВ, стена из ячеистого бетона не обеспечивает соблюдение требуемых норм по энергосбережению при однослойном исполнении.

При кладке на цементно-песчаном кладочном растворе нормативная толщина швов составляет 10 ± 2 мм, при кладке на клею – нормативная толщина шва 2 ± 1 мм. Изготовление блоков, с соблюдением требований ТУ, в заводских условиях, обеспечивает сравнительно идеальную геометрию блоков, что позволяет выполнять кладку на клею с меньшей толщиной швов.

При меньшей толщине шва кладки обеспечивается более высокий коэффициент теплотехнической однородности, соответственно происходит снижение теплотерь, а с ними и затраты на поддержание комфортного микроклимата во внутреннем объеме здания.

Определим исходные данные для расчета:

зона влажности района строительства – сухая (прил. В, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»);

относительная влажность внутреннего воздуха – 50-60%, нормальный (табл. 1, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»);

условия эксплуатации ограждающей конструкции – А (табл. 2, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»);

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, температура, $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$ (минимальное значение оптимальной температуры, табл. 1, ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»);

$t_{\text{ом}}$ – средняя температура воздуха (наружного), $^{\circ}\text{C}$, принимаемая по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного

воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$, $t_{om} = -5,2^{\circ}\text{C}$ (табл. 3.1*, СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*»);

z_{om} – продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемая по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C , $z_{om} = 203$ сут. (табл. 3.1*, СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*»);

t_n – температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, $t_n = -30^{\circ}\text{C}$ (табл. 3.1* СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*»);

n – расчетный коэффициент, зависящий от положения ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (табл. 6 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»);

$\Delta t''$ – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_g и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции $t_{\text{вн}}$, $^{\circ}\text{C}$, $\Delta t'' = 4^{\circ}\text{C}$ (табл. 5, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»);

α_g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\alpha_g = 8,7$ Вт/(м²·°C) (табл. 4, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»);

α_n – Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\alpha_n = 23$ Вт/(м²·°C) (табл. 6, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»).

Определим градусо-сутки отопительного периода по формуле:

$$ГСОП = t_g - t_{om} \cdot z_{om} = 20 - (-5,2) \cdot 203 = 5115,6, ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут/год}$$

Исходя из градусо-суток отопительного периода определим требуемое значение сопротивления теплопередаче:

$$R_0^{mp} = a \cdot ГСОП + b,$$

где $\alpha=0,0003$, $b=1,2$ (по табл. 3, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003»)

Рассмотрим вопрос однородности ограждающей конструкции на следующих примерах:

- Случай 1—Каменная кладка из газобетонных блоков D600 на цементно-песчаном растворе со средней толщиной швов 10 мм;
- Случай 2 – Каменная кладка из газобетонных блоков D600 на клею с толщиной швов 2 мм.

В обоих примерах произведем расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены из блоков толщиной 400 мм.

В связи с отсутствием в СП23-101-2004 данных о теплопроводности клеевого раствора, определим коэффициент теплопроводности путем лабораторных испытаний.

Для испытаний был выбран прибор ИТС-1.

Принцип его работы основан на создании стационарного теплового потока, проходящего через исследуемый плоский образец. Теплопроводность образца λ вычисляется по значению этого теплового потока, температуре противоположных граней образца и его толщине:

$$\lambda = \frac{d \times q}{\Delta T}$$

где q – плотность теплового потока, проходящего через образец; d – толщина образца; ΔT – разность температур между противоположными гранями образца.

Было изготовлено две пластины размерами 150×150×25 мм из клея, клеевой раствор изготовлен в соответствии с требованием к В/Ц

(водоцементное отношение), указанными на упаковке производителем. Процесс испытания на теплопроводность показан на рис. 1.1-1.6.



Рисунок 1.1. Прибор для измерения теплопроводности ИТС-1



Рисунок 1.2. Формы, заполненные раствором клея

Пластины выдержаны в камере нормальных условий в течение 28 суток.



Рисунок 1.3. Подготовка образца № 1 к испытанию



Рисунок 1.4. Подготовка образца № 2 к испытанию



Рисунок 1.5. Подготовка к испытанию образца



Рисунок 1.6. Исследование пластины на теплопроводность

По результатам проведенных испытаний, средний коэффициент теплопроводности (λ) для клеевого раствора равен $0,53 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times ^\circ\text{C}}$.

Данные испытаний были занесены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Результаты испытаний опытных образцов на теплопроводность

Наименование изделия	b, см	h, см	l, см	V, см ³	m (до испытаний), г	m (после испытаний), г	p, г/см ³	p (в сухом сост.), г/см ³	Влажность, %
Пластина № 1	15	15	2,49	560,25	983	939	1,683	1,676	0,43
Пластина № 2	15	15	2,55	573,75	1011	971	1,762	1,692	4,12

На основании полученных экспериментальных данных произведен расчет приведенного термического сопротивления конструкций.

Расчет приведенного термического сопротивления регулярного элемента стеновой конструкции произведен методом сложения проводимостей, изложенным в СП 23-101-2004. Используется для расчета формула (10) из данного свода правил.

Пример 1. Каменная кладка стен из газобетонных блоков D600 толщиной 400мм на цементно-песчаном растворе с толщиной швов 10 мм.

Необходимо принять для расчета регулярно повторяющийся элемент кладки.

В качестве регулярного элемента можно принять: блок наружной стены размером 625×250 мм и два растворных шва - вертикальный и горизонтальный. Толщина шва составляет 10 мм. Толщина регулярного элемента 400 мм.

$$R_{0, \text{бл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_{\text{бл}}}{\lambda_{\text{бл}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,26} + \frac{1}{23} = 1,7 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$A_{\text{бл}} = 0,25 \times 0,625 = 0,156 \text{ м}^2$$

$$R_{0, \text{раст}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_{\text{раст}}}{\lambda_{\text{раст}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,76} + \frac{1}{23} = 0,68 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$A_{\text{раст}} = 0,25 \times 0,01 + 0,635 \times 0,01 = 0,0089 \text{ м}^2$$

Термическое сопротивление теплопередаче всего регулярного элемента:

$$R_{0, \text{ст.раст}}^{\text{усл}} = \frac{A_i}{\frac{A_i}{R_{0,i}^{\text{усл}}}} = \frac{A_{\text{бл}} + A_{\text{раст}}}{\frac{A_{\text{бл}}}{R_{0, \text{бл}}^{\text{усл}}} + \frac{A_{\text{раст}}}{R_{0, \text{раст}}^{\text{усл}}}} = \frac{0,165}{0,105} = 1,57 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплотехнической однородности составит:

$$r = \frac{R_{0, \text{ст.раст}}^{\text{усл}}}{R_{0, \text{бл}}^{\text{усл}}} = \frac{1,57}{1,7} = 0,92$$

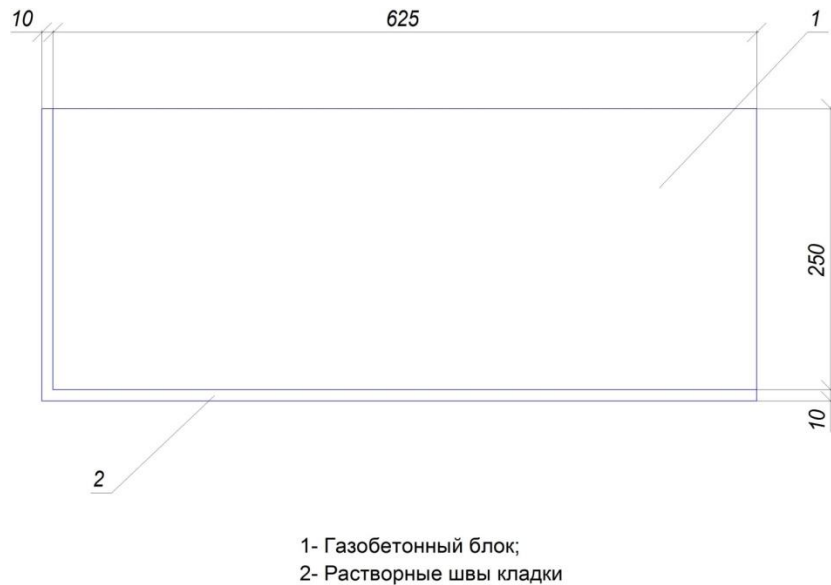


Рисунок 1.7. Схема регулярно повторяющегося элемента стены из газобетонных блоков со швами на цементно-песчаном растворе

Пример 2. Каменная кладка стен из газобетонных блоков D600 толщиной 400мм на клею с толщиной швов 2 мм.

Для расчета необходимо принять регулярно повторяющийся элемент кладки.

В качестве регулярного элемента можно принять: блок наружной стены размером 625×250 мм и два растворных шва, выполненных на клею - горизонтальный и вертикальный. Толщина шва составляет 2 мм. Толщина регулярного элемента 400 мм.

$$R_{0, \text{бл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_{\text{бл}}}{\lambda_{\text{бл}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,26} + \frac{1}{23} = 1,7 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$A_{\text{бл}} = 0,25 \times 0,625 = 0,156 \text{ м}^2$$

$$R_{0, \text{кл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_{\text{кл}}}{\lambda_{\text{кл}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,53} + \frac{1}{23} = 0,91 \frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$A_{\text{клея}} = 0,25 \times 0,002 + 0,627 \times 0,002 = 0,0018 \text{ м}^2$$

Термическое сопротивление теплопередаче всего регулярного элемента:

$$R_{0,ст.кл}^{усл} = \frac{A_i}{\frac{A_i}{R_{0,i}^{усл}}} = \frac{A_{бл} + A_{кл}}{\frac{A_{бл}}{R_{0,бл}^{усл}} + \frac{A_{кл}}{R_{0,кл}^{усл}}} = \frac{0,158}{0,094} = 1,68 \frac{м^2 \times ^\circ C}{Вт}$$

Коэффициент теплотехнической однородности составит:

$$r = \frac{R_{0,ст.кл}^{усл}}{R_{0,бл}^{усл}} = \frac{1,68}{1,7} = 0,99$$

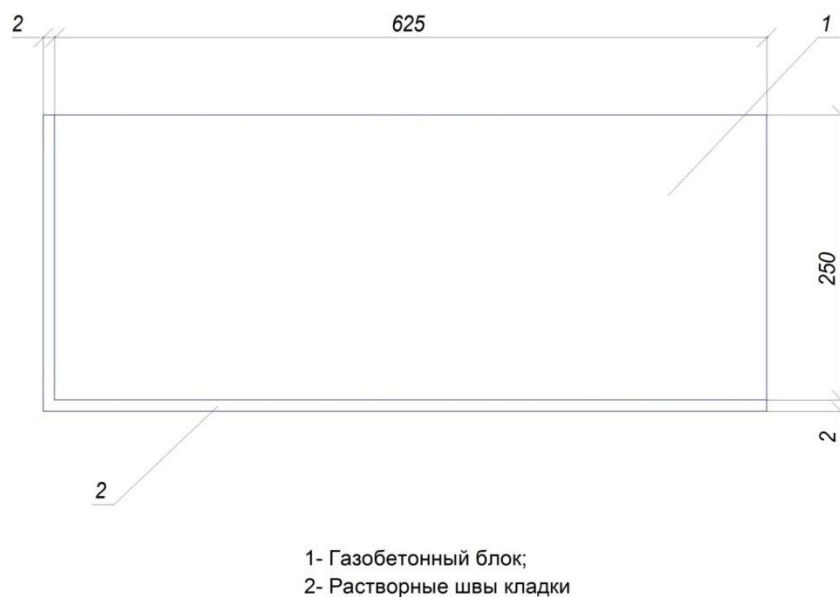


Рисунок 1.8. Схема регулярно повторяющегося элемента стены из газобетонных блоков со швами на клею

Вывод:

На основании расчетов видна существенная разница в коэффициентах теплотехнической однородности. Теплотери через швы, выполненные из цементно-песчаного раствора, составляют 9 %, а через швы, выполненные из клея - всего 1%.

Таким образом, для уменьшения теплотерь через швы целесообразно выполнять кладку на клею с толщиной швов 2 мм.

1.4 Расчет стоимости 1 м² кладки при толщине стены 400 мм (в один блок)

1. Расчет материалоемкости

В 1 м² кладки 6 блоков размером 625×400×250 мм. Площадь поверхности стены составляет 0,625 м×0,250 м=0,156 м²×6 шт = 0,936 м²×0,4 м = 0,374 м³.

Расход цементно-песчаного раствора: (0,01 м ×1,26 м)×4 + (0,01 м ×1,895 м)×2 = 0,0504+ 0,0379 = 0,0883 м²×0,4 м = 0,035 м³.

Расход клея: (0,002 м ×1,256 м)×4 + (0,002 м ×1,875 м)×3 = 0,01+ 0,0112 = 0,0213 м²×0,4 м = 0,008 м³.

2. Расчет стоимости

Кладка на цементно-песчаном растворе:

$$0,374 \text{ м}^3 \times 3200 \text{ руб} = 1196,8 \text{ руб/м}^3$$

$$0,035 \text{ м}^3 \times 2500 \text{ руб} = 87,5 \text{ руб/м}^3$$

$$\Sigma = 1196,8 + 87,5 = 1284,3 \text{ руб/м}^3$$

Кладка на клею:

$$0,374 \text{ м}^3 \times 3200 \text{ руб} = 1196,8 \text{ руб/м}^3$$

$$0,008 \text{ м}^3 \times 210 \text{ руб} = 1,68 \text{ руб/м}^3$$

$$\Sigma = 1196,8 + 1,68 = 1198,5 \text{ руб/м}^3$$

Таблица 1.2 - РС-1

				УТВЕРЖДАЮ		
Подрядчик				Заказчик		

наименование (объекта) стройки						
ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № РС-1						
(локальная ресурсная смета)						
Кладка стен из газобетонных блоков на цементно-песчаном растворе с толщиной швов 10 мм						
(наименование работ и затрат, наименование объекта)						
Основание : ЛС-1						
Сметная стоимость 2,36 тыс. руб.						
Средства на оплату труда 0,24 тыс. руб.						
Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на Январь 2017 г. ТСНБ-2001 (редакция 2014 г.)						
№	Шифр, номера	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Ед. изм.	Количество единиц по проектным данным	Сметная стоимость, руб.	
п.п.	нормативов и коды ресурсов				на единицу измерения	общая
1	2	3	4	5	6	7
		Кладка на растворе				
1	08-03-004-01	Кладка стен из газобетонных блоков на цементно-песчаном растворе при толщине швов 10 мм без облицовки толщиной 400 мм при высоте этажа до 4 м	1 м3 кладки	0,374	3 535,50	1 322,29
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	1,3651	169,38	231,22
	1-1031	Рабочий строитель среднего разряда 3,1				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,0299	243,26	7,27
	020128	Краны башенные при работе на других видах строительства 5 т	маш.-ч	0,01122	781,40	8,77
	021141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,0187	982,80	18,38
	331451	Перфораторы электрические	маш.-ч	0,01122	13,06	0,15
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,0187	778,72	14,56
	101-5786	Клей монтажный <AEROC> для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов	кг	7,667	6,75	51,75
	113-0021	Грунтовка ГФ-021 красно-коричневая	т	0,000029	66 352,75	1,92
	204-0021	Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-III, диаметром 10 мм	т	0,000292	26 323,48	7,69
	403-0248	Блоки из ячеистых бетонов стеновые 2 категории, объемная масса 900 кг/м3, класс В 3,5	м3	0,37774	2 615,09	987,82
	411-0001	Вода	м3	0,001548	22,00	0,03
2	101-5786	Клей монтажный <AEROC> для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов	кг	-7,667	6,75	-51,75

3	402-0006	Раствор готовый кладочный цементный марки 200	м3	0,035	9 439,14	330,37
		ИТОГИ ПО РАЗДЕЛУ				
		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1,3651		231,22
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,0299		7,27
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1,395		238,49
		Стоимость эксплуатации машин				41,86
		Стоимость материалов, учтенных в расценках				1 049,21
		Стоимость материалов, не учтенных в расценках				278,62
		Стоимость материалов				1 327,83
		Итого прямые затраты по разделу				1 600,91

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 122% $\times$ 0,85=104% от ФОТ текущего 238,49				248,03
		Сметная прибыль				
		Сметная прибыль 80% $\times$ 0,8=64% от ФОТ текущего 238,49				152,63
		Итого по разделу с накладными расходами и сметной прибылью				2 001,57
		ИТОГИ ПО СМЕТЕ				
		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1,3651		231,22
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,0299		7,27
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1,395		238,49
		Стоимость эксплуатации машин				41,86
		Стоимость материалов, учтенных в расценках				1 049,21
		Стоимость материалов, не учтенных в расценках				278,62
		Стоимость материалов				1 327,83
		Итого прямые затраты по смете				1 600,91
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 122% $\times$ 0,85=104% от ФОТ текущего 238,49				248,03
		Сметная прибыль				
		Сметная прибыль 80% $\times$ 0,8=64% от ФОТ текущего 238,49				152,63
		Итого по смете с накладными расходами и сметной прибылью				2 001,57
		Налоги				
	ФЗ РФ от 07.07.03 № 117-ФЗ	НДС, 18%				360,28
		Итого				2 361,85
		ВСЕГО ПО СМЕТЕ				2 361,85
		<u>Проверил</u>				
		<u>Составил</u>				

Таблица 1.3 - РС-2

				УТВЕРЖДАЮ		
Подрядчик				Заказчик		
наименование (объекта) стройки						
ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРСНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЁТ № РС-2						
(локальная ресурсная смета)						
Кладка стен из газобетонных блоков на клею при толщине швов 2 мм						
(наименование работ и затрат, наименование объекта)						
Основание : ЛС-2						
Сметная стоимость 2,11 тыс. руб.						
Средства на оплату труда 0,24 тыс. руб.						
Составлен(а) в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на Январь 2017 г. ТСНБ-2001 (редакция 2014 г.)						
№	Шифр, номера	Наименование работ и затрат, характеристика оборудования и его масса, расход ресурсов на единицу измерения	Ед. изм.	Количество единиц по проектным данным	Сметная стоимость, руб.	
п.п.	нормативов и коды				на единицу измерения	общая
	ресурсов					
1	2	3	4	5	6	7
		Кладка на клею				
1	08-03-004-01	Кладка стен из газобетонных блоков на клею при толщине швов 2 мм без облицовки толщиной 400 мм при высоте этажа до 4 м	1 м3 кладки	0,374	3 535,50	1 322,29
	1	Оплата труда рабочих	чел.-ч	1,3651	169,38	231,22
	1-1031	Рабочий строитель среднего разряда 3,1				
	2	Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,0299	243,26	7,27
	020128	Краны башенные при работе на других видах строительства 5 т	маш.-ч	0,01122	781,40	8,77
	021141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,0187	982,80	18,38
	331451	Перфораторы электрические	маш.-ч	0,01122	13,06	0,15
	400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,0187	778,72	14,56
	101-5786	Клей монтажный <AEROC> для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов	кг	7,667	6,75	51,75
	113-0021	Грунтовка ГФ-021 красно-коричневая	т	0,000029	66 352,75	1,92
	204-0021	Горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-III, диаметром 10 мм	т	0,000292	26 323,48	7,69

	403-0248	Блоки из ячеистых бетонов стеновые 2 категории, объемная масса 900 кг/м3, класс В 3,5	м3	0,37774	2 615,09	987,82
	411-0001	Вода	м3	0,001548	22,00	0,03
2	101-5786	Клей монтажный <AEROC> для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов	кг	-7,667	6,75	-51,75
3	101-5786	Клей монтажный <FORMAN>55 для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов	кг	13,8	8,40	115,92
		ИТОГИ ПО РАЗДЕЛУ				
		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1,3651		231,22
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,0299		7,27
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1,395		238,49
		Стоимость эксплуатации машин				41,86

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7
		Стоимость материалов, учтенных в расценках				1 049,21
		Стоимость материалов, не учтенных в расценках				64,17
		Стоимость материалов				1 113,38
		Итого прямые затраты по разделу				1 386,46
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 122% $\times$ 0,85=104% от ФОТ текущего 238,49				248,03
		Сметная прибыль				
		Сметная прибыль 80% $\times$ 0,8=64% от ФОТ текущего 238,49				152,63
		Итого по разделу с накладными расходами и сметной прибылью				1 787,12
		ИТОГИ ПО СМЕТЕ				
		Оплата труда рабочих	чел.-ч	1,3651		231,22
		Оплата труда машинистов	чел.-ч	0,0299		7,27
		Фонд оплаты труда	чел.-ч	1,395		238,49
		Стоимость эксплуатации машин				41,86
		Стоимость материалов, учтенных в расценках				1 049,21
		Стоимость материалов, не учтенных в расценках				64,17
		Стоимость материалов				1 113,38
		Итого прямые затраты по смете				1 386,46
		Накладные расходы				
		Накладные расходы 122% $\times$ 0,85=104% от ФОТ текущего 238,49				248,03
		Сметная прибыль				
		Сметная прибыль 80% $\times$ 0,8=64% от ФОТ текущего 238,49				152,63
		Итого по смете с накладными расходами и сметной прибылью				1 787,12
		Налоги				
	ФЗ РФ от 07.07.03 № 117-ФЗ	НДС, 18%				321,68
		Итого				2 108,80
		ВСЕГО ПО СМЕТЕ				2 108,80

		<u>Проверил</u>				
		<u>Составил</u>				

Таблица 1.4 - ЛС-1

	(наименование стройки)										
					УТВЕРЖДАЮ						
Подрядчик					Заказчик						
							-				
		ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № ЛС-1									
	Кладка блоков из газобетона на цементно-песчаном растворе										
	(наименование работ и затрат)										
	(наименование объекта)										
	Основани е:										
Составлена в ценах ТСНБ-2001 (ред. 2014 г.)					Пересчет в цены		Сметная стоимость			1767,64 руб.	
				Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда, чел.-ч,		
№ п.п .	Шифр и номер позиции нормати ва	Наименование работ и затрат, единица измерения	Кол-во единиц	всего	эксплуа- тация машин	всего	оплата труда	эксплуа- тация машин	рабочих машинистов		
				оплата труда	в т.ч. оплата труда			в т.ч. оплата труда	на едини цу	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Кладка на растворе									
1	08-03- 004-01	Кладка стен из газобетонных	0,374	521,16	12,56	195	15	5	3,65	1	
		блоков на цементно- песчаном		40,99	1,4			1	0,08		
		растворе при толщине швов 10 мм									
		без облицовки толщиной 400 мм									
		при высоте этажа до 4 м,									
		1 м3 кладки									
2	101-5786	Клей монтажный <AEROC> для	-7,667	1,57		-12					
		укладки блоков и плит из									
		ячеистых бетонов,									
		кг									
3	402-0006	Раствор готовый кладочный	0,035	494,86		17					
		цементный марки 200,									

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		м3								
		Прямые затраты по разделу				200	15	5		1
		"Кладка на растворе" с учетом						1		
		коэффициентов								
		Итоги по разделу "Кладка на растворе"								
		Стоимость строительных работ				233				
		в том числе								
		прямые затраты				200	15	5		1
								1		
		накладные расходы				20				
	МДС	Конструкции из кирпича и блоков				20				
	81-33.2004	122% от ФОТ=16								
	прил.4 п.8									
		сметная прибыль				13				
	Письмо	Конструкции из кирпича и блоков				13				
	АП-5536/06	80% от ФОТ=16								
	прил.1 п.8									
		Итого по разделу "Кладка на растворе"				233				
		Итоги по смете								
		строительные работы				233				
		монтажные работы								
		оборудование								
		Итого по смете				233				
		Индекс СМР на 01.05.2017 г. СМР				1498				
		6,43								
		Налоги								
	ФЗ РФ от	НДС, 18%				269,64				
	07.07.03 №									
	117-ФЗ									
		Итого				1767,64				
		Всего по смете				1767,64				
		<u>Составил</u>								
		<u>Проверил</u>								

Таблица 1.5 - ЛС-2

	(наименование стройки)										
					УТВЕРЖДАЮ						
Подрядчик					Заказчик						
							-				
		ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № ЛС-2									
	Кладка блоков из газобетона на клее										
	(наименование работ и затрат)										
	(наименование объекта)										
	Основан ие:										
Составлена в ценах ТСНБ-2001 (ред. 2014 г.)					Пересчет в цены		Сметн ая стоим ость		1760,56 руб.		
				Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда, чел.-ч,		
№ п.п.	Шифр и номер позиции нормати ва	Наименование работ и затрат, единица измерения	Кол-во единиц	всего	эксплуа- тация машин	всего	оплата труда	эксплуа- тация машин	рабочих машинистов		
				оплата труда	в т.ч. оплата труда			в т.ч. оплата труда	на едини цу	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Кладка на клею									
1	08-03- 004-01	Кладка стен из газобетонных	0,374	521,16	12,56	195	15	5	3,65	1	
		блоков на клее при толщине швов		40,99	1,4			1	0,08		
		2 мм без облицовки толщиной 400									
		мм при высоте этажа до 4 м,									
		1 м3 кладки									
2	101-5786	Клей монтажный <AEROC> для	-7,667	1,57		-12					
		укладки блоков и плит из									
		ячеистых бетонов,									
		кг									

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	101-5786	Клей монтажный <FORMAN>55 для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов, кг	13,8	<u>1,17</u>		16				
		Прямые затраты по разделу				199	15	<u>5</u>		<u>1</u>
		"Кладка на клею" с учетом коэффициентов						1		
		Итоги по разделу "Кладка на клею"								
		Стоимость строительных работ				232				
		в том числе								
		прямые затраты				199	15	<u>5</u>		<u>1</u>
								1		
		накладные расходы				20				
	МДС	Конструкции из кирпича и блоков				20				
	81-33.2004	122% от ФОТ=16								
	прил.4 п.8									
		сметная прибыль				13				
	Письмо	Конструкции из кирпича и блоков				13				
	АП-5536/06	80% от ФОТ=16								
	прил.1 п.8									
		Итого по разделу "Кладка на клею"				232				
		Итоги по смете								
		строительные работы				232				
		монтажные работы								
		оборудование								
		Итого по смете				232				
		Индекс СМР на 01.05.2017 г. СМР				1492				
		6,43								
		Налоги								
	ФЗ РФ о	НДС, 18%				268,56				
	07.07.03 №									
	117-ФЗ									
		Итого				1760,56				
		Всего по смете				1760,56				
		<u>Составил</u>								
		<u>Проверил</u>								

1.5 Выводы по разделу 1

На основании данных по теплотехническому расчету видна существенная разница в коэффициентах теплотехнической однородности. Теплопотери через швы, выполненные из цементно-песчаного раствора, составляют 9 %, а через швы, выполненные из клея всего 1%.

Таким образом, для уменьшения теплопотерь через швы целесообразно выполнять кладку на клею с толщиной швов 2 мм.

При этом стоимость кладки стены на клею оказалась ниже, чем при использовании цементно-песчаного раствора.

РАЗДЕЛ 2 ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

В данном разделе диссертации содержатся описания подготовки и проведения испытаний опытных образцов на сжатие и отрыв. Были проведены сравнительные исследования цементно-песчаного и клеевого растворов. Данные проведенных испытаний занесены в журнал и обработаны.

2.1 Проведение эксперимента на осевое сжатие

Испытания прочности растворов на сжатие были проведены на прессе по ГОСТ 5802-86.

Предел прочности раствора на сжатие R вычисляют для каждого образца с погрешностью до $0,1 \text{ кг/см}^2$ по формуле 2.1.

$$R=P/A \text{ (кг/см}^2\text{)} \quad (2.1)$$

где P – разрушающая нагрузка, кг;

A – рабочая площадь сечения образца, см^2 .

2.1.1 Организация проведения испытания

Для проведения испытания были изготовлены образцы из растворной смеси.

Образцы изготавливаются в формах. Процесс приготовления растворов для изготовления опытных образцов представлены на рисунках 2.1-2.2.



Рисунок 2.1 – Клеевой раствор для изготовления опытных образцов

Формы заполняют растворной смесью за один прием с некоторым избытком и уплотняют ее штыкованием стержнем из стали 25 раз по концентрической окружности к краям от центра. На фото рисунки 2.3-2.4 показаны, формы с растворной смесью.

Формы выдержаны до распалубки в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95-100 % и температуре 20°С. Образцы извлечены из форм через 24 часа после укладки растворной смеси.

Образцы взвешивают перед испытанием на сжатие с погрешностью до 0,1% и измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм.



Рисунок 2.2 – Цементно-песчаный раствор для изготовления опытных образцов



Рисунок 2.3 – Формы, заполненные клеем



Рисунок 2.4 – Формы, заполненные цементно-песчаным раствором

2.1.2 Описание выполнения испытания

На рисунке 2.5 показана схема испытания образцов.

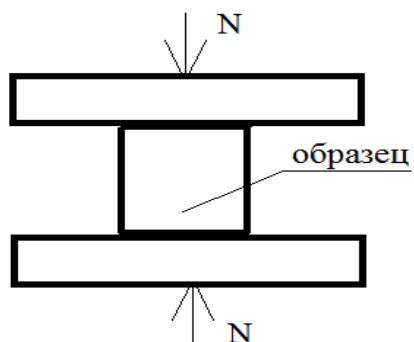


Рисунок 2.5 – Схема испытания образцов на сжатие

Перед установкой образца на пресс удаляют тщательно частицы раствора, оставшиеся после предыдущих испытаний. Образец устанавливают на центр нижней плиты пресса так, чтобы его основанием были грани, соприкасавшиеся со стенками формы во время его изготовления. На фото рисунки 2.6-2.7 показаны, подготовленные к испытанию и установленные на пресс образцы кубов из цементно-песчаного раствора и клея.



Рисунок 2.6 – Опытный образец (куб из цементно-песчаного раствора) перед началом испытания

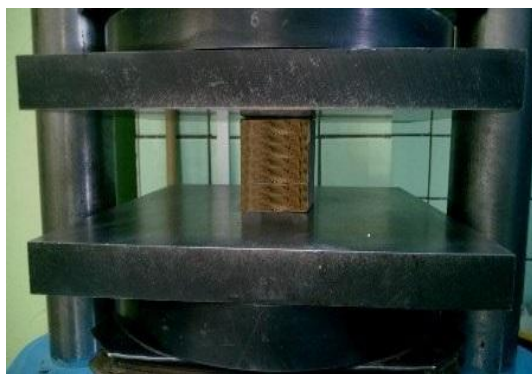


Рисунок 2.7 – Опытный образец (куб из раствора клея) перед началом испытания

Нагрузка на образец возрастает с постоянной скоростью непрерывно до его разрушения.

На фото рисунках 2.8-2.9 показан характер разрушения кубов при сжатии.



Рисунок 2.8 – Характер разрушения опытных образцов.



Рисунок 2.9 – Характер разрушения опытных образцов.

Разрушение образцов произошло по схеме усеченного конуса. Это говорит о том, что ввиду отсутствия смазки на гранях пресса и малой высоты образцов, сила трения на гранях образца имеет свое максимальное значение и начинает убывать к центру куба. Соответственно, так как сила трения минимальна в центре, то и разрушение там будет максимальное. Поэтому чем дальше от центра, тем меньше разрушение образца, что в итоге напоминает фигуру усеченного конуса.

В таблице 2.1 приведены результаты испытаний.

Таблица 2.1 – Результаты испытаний опытных образцов на сжатие

N п/п	Материал образца	Размеры кубов bхhхl (см)	Масса (г)	P (кг)	Площадь А (см²)	Объем V (см³)	Плотность (кг/см3)	Средняя плотность (кг/см3)	Прочность на сжатие R (кг/см²)	Средняя прочность на сжатие R (кг/см²)
7 суток										
1	Клей	7,07х7,07х7,07	647	5280	49,98	353,39	1,831	1,835	105,63	107,77
2	Клей	7,07х7,07х7,07	648	5440	49,98	353,39	1,834		108,83	
3	Клей	7,07х7,07х7,07	650	5440	49,98	353,39	1,839		108,83	
4	ЦПС	7,0х7,07х6,9	654	8920	48,78	344,90	1,896	1,910	182,85	180,77
5	ЦПС	7,07х7,07х6,7	636	8160	47,37	334,90	1,899		172,26	
6	ЦПС	7,07х7,07х6,8	658	9000	48,08	339,90	1,936		187,20	
28 суток										
1	Клей	7,07х7,07х7,07	614	6600	49,98	353,39	1,737	1,736	132,04	132,57
2	Клей	7,07х7,07х7,07	616	7280	49,98	353,39	1,743		145,64	
3	Клей	7,07х7,07х7,07	611	6000	49,98	353,39	1,729		120,04	
4	ЦПС	7,0х7,07х6,7	662	8740	47,37	334,90	1,977	1,983	184,51	183,10
5	ЦПС	7,07х7,07х6,7	674	9000	47,37	334,90	2,013		190,00	
6	ЦПС	7,07х7,07х6,7	656	8280	47,37	334,90	1,959		174,80	

2.2 Проведение эксперимента на прямой отрыв

В соответствии с планом исследований были проведены сравнительные испытания прочности сцепления кладки, выполненной из газобетонных блоков, на клеевом и цементно-песчаном растворах.

Прочность при отрыве рассчитывается по формуле 2.2.

$$\sigma = F/A \quad (2.2)$$

где σ – прочность при отрыве;

F – разрывное усилие, Н;

A – площадь заготовки, мм².

2.2.1 Организация проведения испытания

Исследования адгезии растворов к блокам из ячеистых бетонов проводились в условиях лаборатории ТГУ на кафедре «Городское строительство и хозяйство». Для проведения испытаний была разработана установка (рисунок 2.10), позволяющая оценить разрушение образцов.

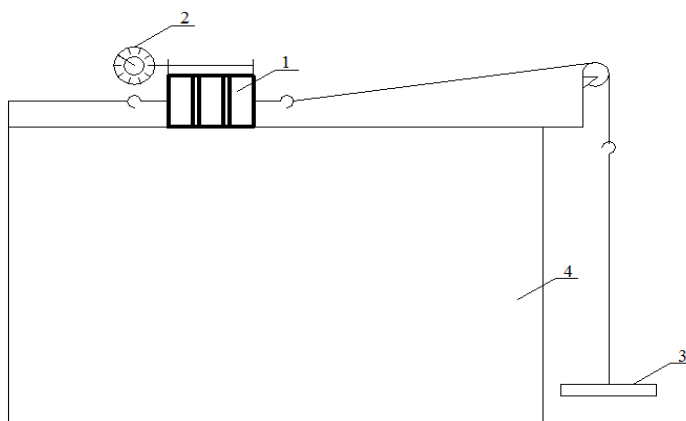


Рисунок 2.10 – Схема испытательной установки.

1 – склеенные образцы, 2 – прогибомер, 3 – груз, 4 – стол

Для оценки прочности элементов кладки – газобетонных блоков проведены испытания кубов, выпиленных из газоблока автоклавного твердения, марки Д600, доставленных с завода.

Установка, подготовленная к проведению испытания, представлена на фото (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Установка, подготовленная к проведению испытания

Определение прочности сцепления каменной кладки проводилось на образцах из трех каменных элементов на растворе. Общий вид образцов, изготовленных для проведения испытания на прямой отрыв, показан на фото (рисунок 2.12).



Рисунок 2.12 – Общий вид образцов на клеевом растворе для испытания на прямой отрыв

Геометрические размеры образцов показаны на рисунке 2.13. Количество образцов 18 штук (из них 9 штук для испытания на клеевом растворе и 9 - для испытания на цементно-песчаном растворе).

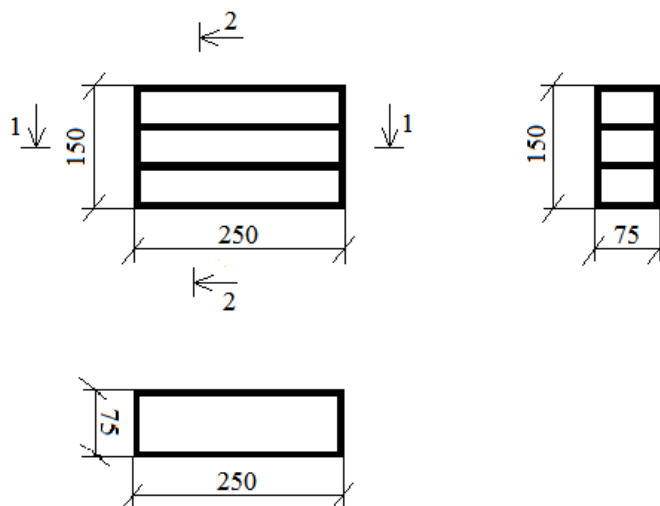


Рисунок 2.13 – Геометрические размеры образцов для испытания прочности сцепления кладки

Материалы швов:

- цементно-песчаная смесь (соотношение цемент-песок 1:3).
- клей, для укладки ячеистобетонных блоков автоклавного твердения.

В экспериментальных образцах кладки толщина растворного и клеевого швов принималась следующая:

- для клеевого шва – 3 мм (по рекомендации завода-изготовителя)
- для растворного шва – 10 мм (СНиП II-22-81).

2.2.2 Описание выполнения испытания

На рисунке 2.14 показана схема проведения испытания.

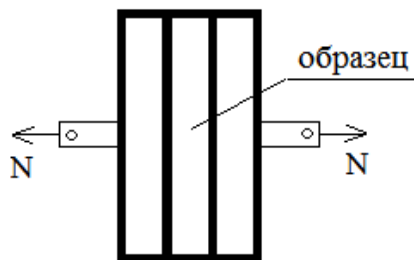


Рисунок 2.14 – Схема испытания опытных образцов на прямой отрыв

Опытные образцы, подготовленные к проведению испытания, показаны на фото (рисунки 2.15-2.16).

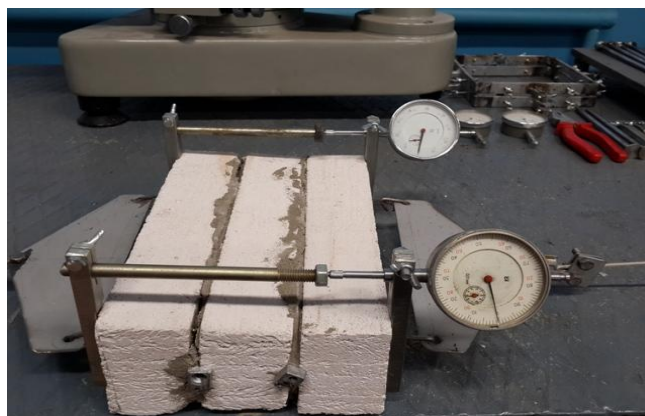


Рисунок 2.15 – Образец на клеевом растворе, подготовленный к проведению испытания.

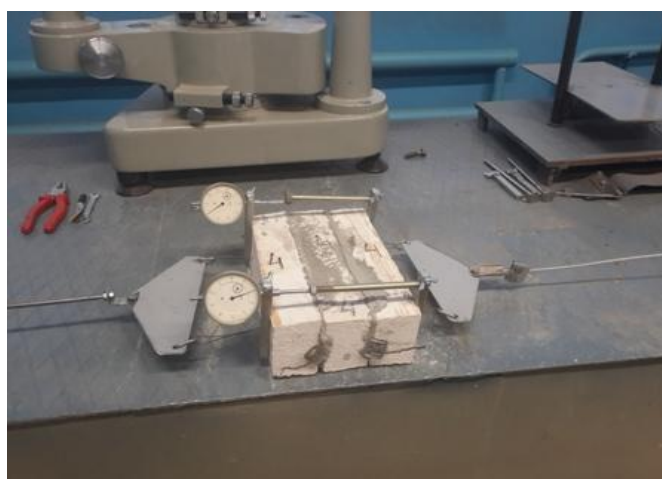


Рисунок 2.16 – Образец на цементно-песчаном растворе, подготовленный к проведению испытания.

Нагружение образца производится с периодичностью в одну минуту. Максимальное усилие, приложенное при испытании, приняли за разрушающую нагрузку. Характер разрушения образцов после испытаний показан на рисунках 2.17-2.22.



Рисунок 2.17 – Характер разрушения образца №1 на клеевом растворе.

Разрушение произошло местами по границе клей-бетон, но в основном по клею. Адгезия составила 0,02 МПа.



Рисунок 2.18 – Характер разрушения образца №2 на клеевом растворе

Разрушение также носит смешанный характер. Также наблюдается разрушение по бетону. Адгезия составила 0,03 МПа.



Рисунок 2.19 – Характер разрушения образца №3 на клеевом растворе.

Отрыв образца произошёл по клею, по периметру – по границе клей-бетон. Адгезия составила 0,05 МПа.



Рисунок 2.20 – Характер разрушения образца №4 на цементно-песчаном растворе



Рисунок 2.21 – Характер разрушения образца №5 на цементно-песчаном растворе



Рисунок 2.22 – Характер разрушения образца № 6 на цементно-песчаном растворе

Разрушение образцов №4, 5, 6 на цементно-песчаном растворе по бетону. Адгезия составила 0,02 МПа.

Полученные результаты зафиксированы в таблицах 2.2-2.7.

Таблица 2.2 – Журнал испытаний образца №1

№ п/п	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, А, мм ²	Напряжение, σ, Н	Прочность при отрыве, R, МПа	Показания прибора, мм			Время выдержки нагружения, мин	Дата проведения испытаний
					Начальное	Под нагрузкой			
						№ 1	№ 2		
1	50x75x250	18750	39,24		0	0		1	09.11.2016
2			78,48						
3			117,72						
4			156,96						
5			196,2						
6			235,44						
7			274,68			0,01	0,005		
8			313,92			0,01	0,005		
9			353,16			0,011	0,006		
10			392,4			0,013	0,008		
11			431,64	0,02		-	-		

Таблица 2.3 – Журнал испытаний образца №2

№ п/п	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, А, мм ²	Нпряжение, σ, Н	Прочность при отрыве, R, МПа	Показания прибора, мм			Время выдержки нагружения, мин	Дата проведения испытаний
					Начальное	Под нагрузкой			
						№ 1	№ 2		
1	50x75x250	18750	39,24	0	0	0	1	09.11.2016	
2			78,48						
3			117,72						
4			156,96						
5			196,2						
6			235,44						0,005
7			274,68						0,005
8			313,92						0,006
9			353,16						0,008
10			392,4			0,009			0,004
11			431,64			0,01			0,005
12			470,88			0,011			0,005
13			510,12		0,03	-			-

Таблица 2.4 – Журнал испытаний образца №3

№ п/п	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, А, мм ²	Напряжение, σ, Н	Прочность при отрыве, R, МПа	Показания прибора, мм		Время выдержки нагружения, мин	Дата проведения испытаний	
					Начальное	Под нагрузкой			
						№ 1			№ 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50x75x250	18750	39,24		0	0	0	1	09.11.2016
2			78,48			0	0		
3			117,72			0,004	0,006		
4			156,96			0,004	0,006		
5			196,2			0,004	0,006		
6			235,44			0,004	0,006		
7			274,68			0,004	0,006		
8			313,92			0,004	0,006		
9			353,16			0,004	0,006		
10			392,4			0,004	0,006		
11			431,64			0,004	0,006		
12			470,88			0,004	0,007		
13			510,12			0,004	0,008		
14			549,36			0,004	0,008		
15			588,6			0,004	0,008		

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16			627,84			0,004	0,009		
17	50x75x25 0	18750	667,08		0	0,004	0,01	1	09.11.2016
18			706,32			0,004	0,01		
19			735,75			0,004	0,01		
20			770,09			0,004	0,01		
21			807,36			0,004	0,01		
22			826,98			0,004	0,01		
23			846,6			0,004	0,01		
24			866,22			0,004	0,01		
25			885,84			0,004	0,01		
26			915,27			0,004	0,01		
27			949,9	0,05		-	-		

Таблица 2.5 – Журнал испытания образца №4

№ п/п	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, А, мм ²	Напряжение, σ, Н	Прочность при отрыве, R, МПа	Показания прибора, мм			Время выдержки нагружения, мин	Дата проведения испытаний
					Начальное	Под нагрузкой			
						№ 1	№ 2		
1	50x75x250	18750	39,24		0	0	0	1	11.11.2016
2			78,48						
3			117,72						
4			156,96						
5			196,2						
6			235,44						
7			274,68						
8			313,92						
9			353,16						
10			392,4						
11			431,64						
12			470,88						
13			510,12						
14			549,36	0,03					

Таблица 2.6 – Журнал испытания образца №5

№ п/п	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, А, мм ²	Напряжение, σ, Н	Прочность при отрыве, R, МПа	Показания прибора, мм			Время выдержки нагружения, мин	Дата проведения испытаний
					Начальное	Под нагрузкой			
						№ 1	№ 2		
1	50x75x250	18750	39,24		0	0	0	1	11.11.2016
2			78,48						
3			117,72						
4			156,96						
5			196,2						
6			235,44						
7			274,68						
8			313,92						
9			353,16						
10			392,4						
11			431,64						
12			470,88						
13			510,12						
14			549,36						
15			588,6						
16			627,84				0,005		
17			667,08				0,005		
18			706,32	0,04		-	-		

Таблица 2.7 – Журнал испытания образца №6

№ п/п	Размеры сечения, мм	Площадь сечения, А, мм ²	Напряжение, σ, Н	Прочность при отрыве, R, МПа	Показания прибора, мм			Время выдержки нагружения, мин	Дата проведения испытаний
					Начальное	Под нагрузкой			
						№ 1	№ 2		
1	50x75x250	18750	39,24		0	0	0	1	11.11.2016
2			78,48			0			
3			117,72						
4			156,96						
5			196,2						
6			235,44						
7			274,68						
8			313,92						
9			353,16						
10			392,4			0,004	0,002		
11			431,64	0,02		-	-		

2.3 Выводы по главе 2

Образцы, изготовленные из цементно-песчаного раствора быстрее, чем образцы из клеевого раствора, набирают прочность. Через 7 суток, после изготовления наблюдается прочность, близкая к проектной.

Размеры опытных образцов клеевого раствора остались неизменными на протяжении всего периода испытания (28 суток), а образцы цементно-песчаного раствора потеряли в своем объеме, так как за время набора прочности произошло испарение лишней влаги.

Разрушение образца, выполненного на тонкослойном клеевом растворе, произошло по клею. Это подтверждает высокую адгезионную прочность сцепления клеевого слоя и газоблока. Добиться должного сцепления ЦПС с газобетоном не получилось, так как разрушение произошло по контакту ЦПС-бетон.

Полученные данные также указывают на целесообразность продолжения исследований по возможности создания монолитной конструкции с применением мелкоштучных элементов.

ГЛАВА 3 АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данной главе диссертации проведен анализ данных, полученных при проведении испытаний опытных образцов. Были проведены сравнения прочности сцепления кладки из газобетонного блока на цементно-песчаном и клеевом растворах, а также прочности на сжатие цементно-песчаного и клеевого растворов.

3.1. Численная оценка влияния состава шва на прочность при сжатии

После проведения испытаний была определена призмная прочность каждого образца. В таблицах 3.1-3.2 приведены результаты набора прочности опытных образцов через 7 и 28 суток соответственно.

Таблица 3.1 – Набор прочности образцов через 7 суток после изготовления

N п/п	Материал образца	№ Образца	Прочность на сжатие R (кг/см ²)	Средняя прочность на сжатие R (кг/см ²)
1	Клей	Образец №1	105,63	107,77
2		Образец №2	108,83	
3		Образец №3	108,83	
4	Цементно- песчаный раствор	Образец №4	182,85	180,77
5		Образец №5	172,26	
6		Образец №6	187,20	

В таблицах 3.3-3.4 приведены результаты усадки опытных образцов в процессе твердения, через 7 и 28 суток после изготовления, соответственно.

Таблица 3.2 – Набор прочности образцов через 28 суток после изготовления

N п/п	Материал образца	№ Образца	Прочность на сжатие R (кг/см ²)	Средняя прочность на сжатие R (кг/см ²)
1	Клей	Образец №1	132,04	132,57
2		Образец №2	145,64	
3		Образец №3	120,04	
4	Цементно- песчаный раствор	Образец №4	184,51	183,10
5		Образец №5	190,00	
6		Образец №6	174,80	

Таблица 3.3 – Усадка опытных образцов через 7 суток после изготовления

N п/п	Материал образца	№ Образца	Размеры (см)			Площадь A (см ²)
			b	h	l	
1	Клей	Образец №1	7,07	7,07	7,07	353,39
2		Образец №2	7,07	7,07	7,07	353,39
3		Образец №3	7,07	7,07	7,07	353,39
4	Цементно- песчаный раствор	Образец №4	7,07	7,07	6,9	344,90
5		Образец №5	7,07	7,07	6,7	334,90
6		Образец №6	7,07	7,07	6,8	339,90

Таблица 3.4 – Усадка опытных образцов через 28 суток после изготовления

N п/п	Материал образца	№ Образца	Размеры (см)			Площадь A (см ²)
			b	h	l	
1	Клей	Образец №1	7,07	7,07	7,07	353,39
2		Образец №2	7,07	7,07	7,07	353,39
3		Образец №3	7,07	7,07	7,07	353,39
4	Цементно- песчаный раствор	Образец №4	7,07	7,07	6,7	334,90
5		Образец №5	7,07	7,07	6,7	334,90
6		Образец №6	7,07	7,07	6,7	334,90

3.1.1 Определение характера разрушения образцов

Цементно-песчаный и клеевой растворы лучше сопротивляются сжатию, чем растяжению. При сжатии цементно-песчаного и клеевого, повышение нагрузки сопровождается упругими деформациями вплоть до разрушения, что вообще свойственно хрупким материалам. Вид разрушения бетонных образцов зависит от наличия сил трения между торцами образца и плитами машины. Путем периодической парафинной смазки торцов образцов были устранены силы трения. Разрушение образцов: появились продольные трещины, материал расслаивается по линиям, параллельным действию сжимающей силы.

Разрушение образцов клеевого и цементно-песчаного раствора носит одинаковый характер. Прочность образцов из цементно-песчаного раствора выше, чем прочность образцов из клеевого, поэтому для разрушения образцов №4,5,6 потребовалось приложение большей силы, чем для разрушения образцов №1,2,3.

3.1.2 Построение графиков зависимостей

На рисунках 3.1-3.2 приведены графики набора прочности образцов из клеевого и цементно-песчаного растворов соответственно. На рисунке 3.3 приведен график сравнения среднего набора прочности опытных образцов.

На рисунках 3.4-3.5 приведены графики усадки образцов в период набора прочности образцов из клеевого и цементно-песчаного растворов соответственно. На рисунке 3.6 приведен график сравнения средней усадки опытных образцов.

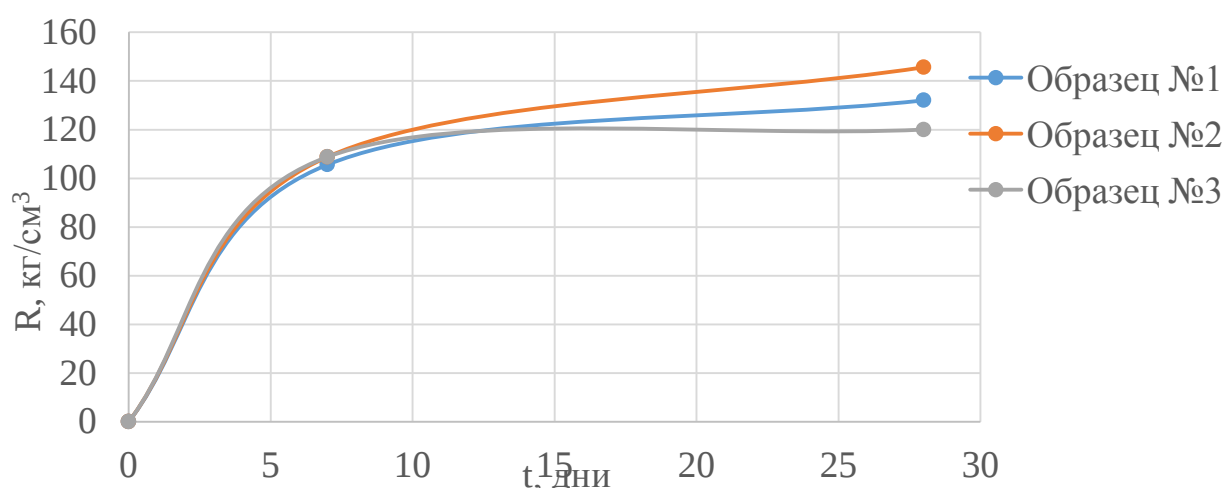


Рисунок 3.1 – График набора прочности образцов из клеевого раствора

Графики представляют собой вид гипербол. На всех трех графиках наблюдается явное увеличение прочности с течением времени. В возрасте 7 суток клей имеет среднюю прочность $107,77 \text{ кг/см}^2$. В возрасте 28 суток значение составляет $132,57 \text{ кг/см}^2$. Таким образом, графики показывают небольшое возрастание прочности.

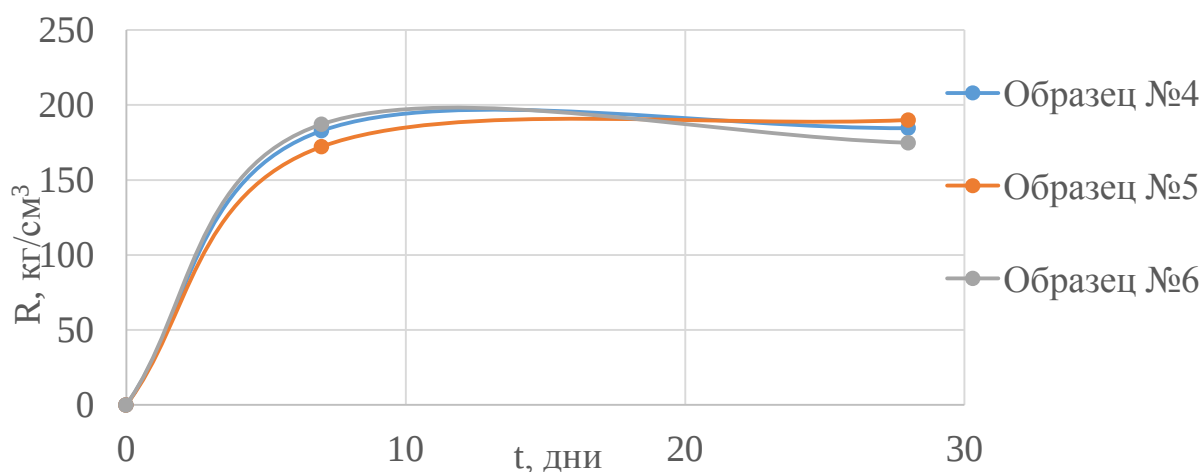


Рисунок 3.2 – График набора прочности образцов из цементно-песчанного раствора

Графиками также являются 3 гиперболы. На всех трех графиках наблюдается явное увеличение прочности с течением времени. В возрасте 7 суток цементно-песчаный раствор имеет среднюю прочность $180,77$

кг/см². В возрасте 28 суток значение составляет 183,10 кг/см². Это говорит о том, что цементно-песчаный раствор набрал почти проектную прочность уже в первые 7 суток.

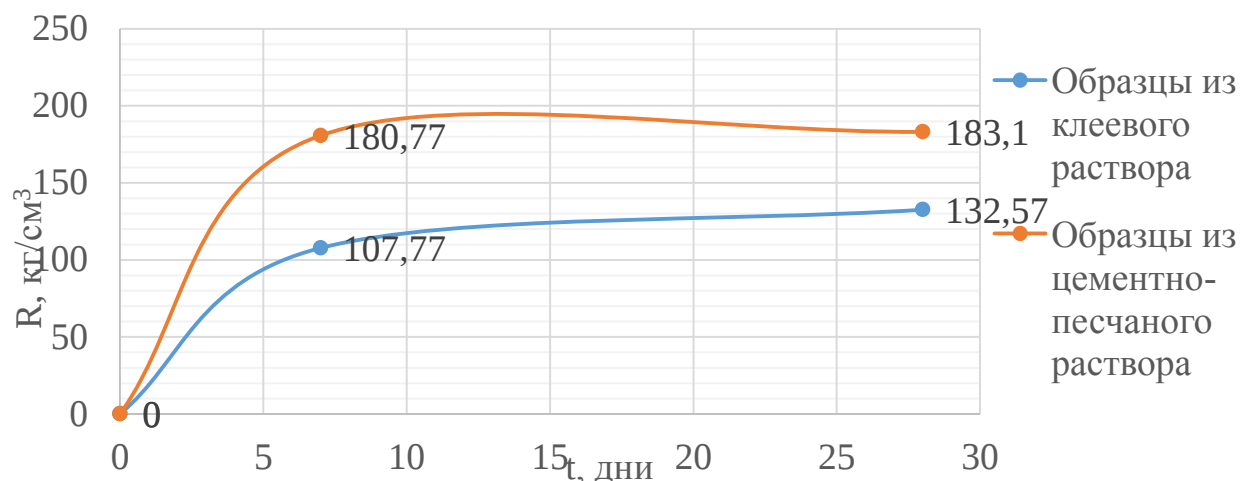


Рисунок 3.3 – График среднего набора прочности опытных образцов

На рисунке 3.4 представлен график усадки образцов из клеевого раствора.

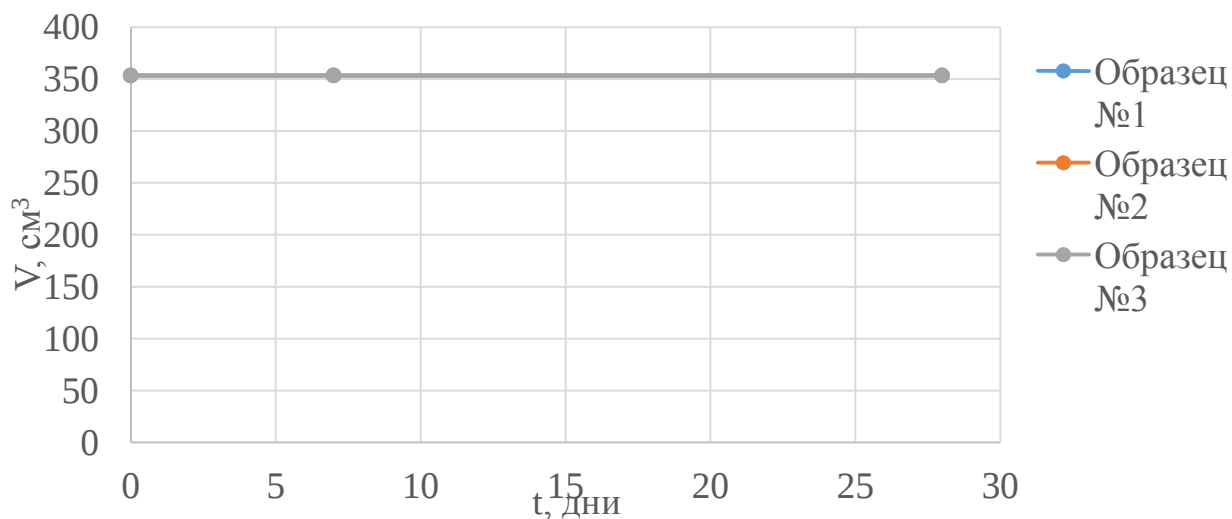


Рисунок 3.4 – График усадки образцов из клеевого раствора

Графики представлены в виде прямых линий, но видно только одну, потому что ни один из образцов клеевого раствора за все 28 суток

твердения не убрал в объеме ни процента. Это говорит о том, что клеевой раствор не подвержен усадочным деформациям.

На рисунке 3.5 изображен график усадки образцов из цементно-песчаного раствора.

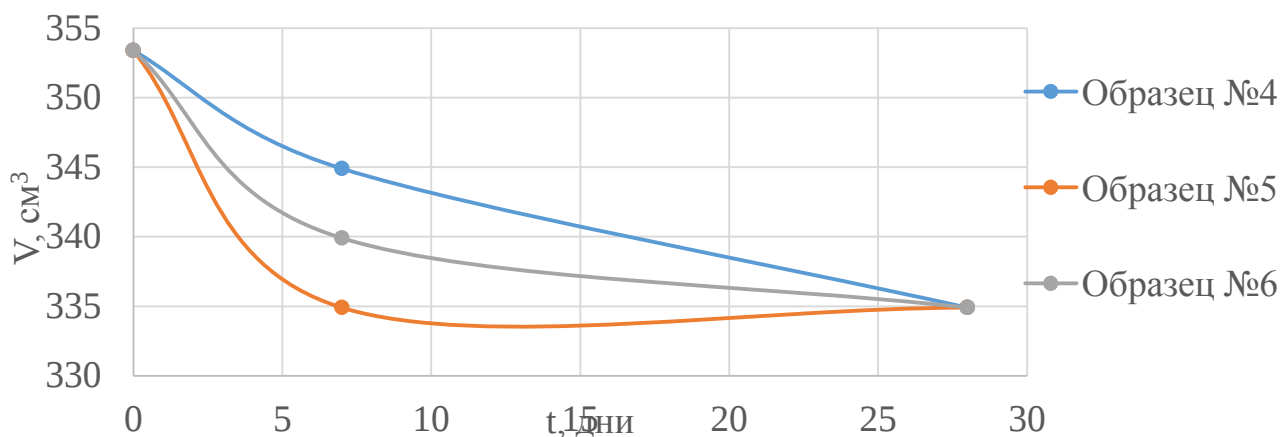


Рисунок 3.5 – График усадки образцов из цементно-песчаного раствора

Графики представляют собой вид гипербол. Исходя из них, можно заметить, что все три образца, достигнув возраста 28 суток, были подвержены усадочным деформациям. Если первый образец к возрасту 7 суток имел объем $344,90 \text{ см}^3$, то в возрасте 28 суток этот же образец уменьшился ввиду испарения влаги до $334,90 \text{ см}^3$. Второй образец к возрасту 7 суток имел объем $340,90 \text{ см}^3$, в возрасте 28 суток объем стал равен $334,90$, образец также был подвергнут усадке. И, наконец, третий образец к возрасту 7 суток имел объем $339,90 \text{ см}^3$, то в возрасте 28 суток этот же образец уменьшился ввиду испарения влаги до $334,90 \text{ см}^3$.

Таким образом, усадке были подвержены все образцы, изготовленные из цементно-песчаного раствора, несмотря на то, что водоцементное соотношение использовалось по нормам к данной цементно-песчаной смеси.

На рисунке 3.6 показаны графики средних значений усадки для клея и цементно-песчаного раствора.

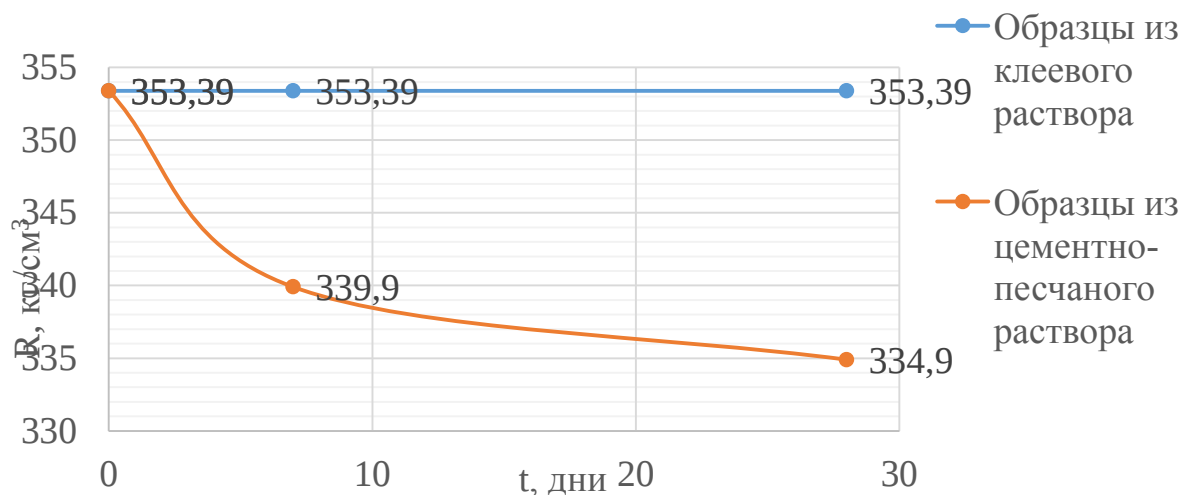


Рисунок 3.6 - график средних значений усадки для клея и цементно-песчаного раствора

3.1.3 Сравнение результатов

Анализ результатов экспериментальных исследований сжатия образцов из клеевого и цементно-песчаного растворов позволяет сделать следующие выводы:

- Прочность на сжатие опытных образцов изменялась в интервале от 105,63 до 190 кг/см².

При этом у образцов из цементно-песчаного раствора получены максимальные значения предела прочности 190 кг/см², а минимальные значения получены у образцов из клеевого раствора 105,63 кг/см².

Прочность образцов из цементно-песчаного раствора через 7 суток в 1,77 раз выше прочности образцов из клеевого раствора. Прочность образцов из цементно-песчаного раствора через 28 суток в 1,58 раз выше прочности образцов из клеевого раствора.

- Образцы из цементно-песчаного раствора на 7-е сутки после изготовления показывают практически проектную прочность.

- Объем образцов из клеевого раствора остался неизменным в процессе твердения. Объем образцов из цементно-песчаного раствора уменьшился, так как произошло испарение лишней жидкости.

- Характер разрушения опытных образцов одинаков. Для разрушения образцов из клеевого раствора потребовалось приложить меньшее усилие.

3.2. Численная оценка влияния растворного шва на деформацию кладки

По результатам испытаний была определена прочность кладки при отрыве. Полученные данные занесены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Прочность опытных образцов при отрыве

№ п/п	Материал шва	№ образца	Усилие F, Н	Прочность при отрыве, R, МПа
1	Клей, толщина 3 мм	Образец №1	431,64	0,02
2		Образец №2	510,12	0,03
3		Образец №3	949,9	0,05
4	Цементно-песчаная смесь, толщина 10 мм	Образец №4	549,36	0,03
5		Образец №5	706,32	0,04
6		Образец №6	431,64	0,02

3.2.1 Определение характера разрушения образцов

Разрушение образцов на клеевом растворе происходит в основном по клеевому шву. Разрушение образцов на цементно-песчаном растворе происходит по контакту цементно-песчаный раствор-бетон. Все дело в том, что клеевой состав отличается от цементно-песчаного более мелкими частицами заполнителя, которые лучше проникают в поры газобетона и образуют тем самым более качественное сцепление с поверхностью ячеистых бетонов. Цементно-песчаный раствор же имеет более крупные частицы, которые не способны взаимодействовать со строением газобетона на микроуровне. Так и оставшись на поверхности, раствор отдает влагу в

полость газобетона через поры и, тем самым обезвоживается, так и не достигнув должной прочности и становясь более хрупким.

3.2.2 Построение графиков зависимостей напряжений от деформаций

На рисунках 3.7-3.8 приведены графики адгезии газоблока на клеевом и цементно-песчаном растворах соответственно

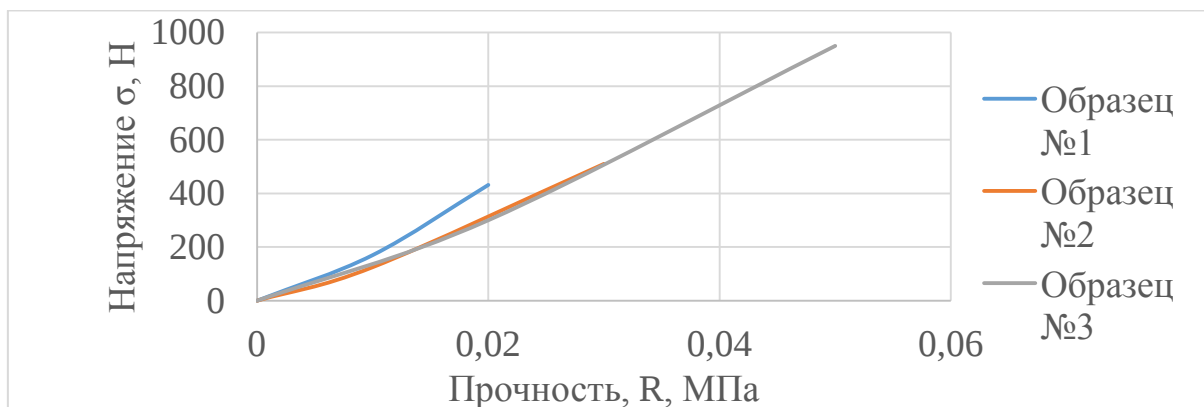


Рисунок 3.7 - Адгезия клея к газобетону

Графики разрушения образцов представляют собой 3 криволинейные линии. Перед испытанием напряжения во всех трех случаях равно 0. По мере возрастания нагрузки, напряжение также увеличивалось. В момент отрыва напряжение достигало своей максимальной величины и показало нам прочность на отрыв. В момент разрушения первый образец имел адезию 0,02 МПа. Второй образец был подвержен отрыву при 0,03 МПа. Третий образец разрушился при нагрузке прямого отрыва 0,05 МПа.

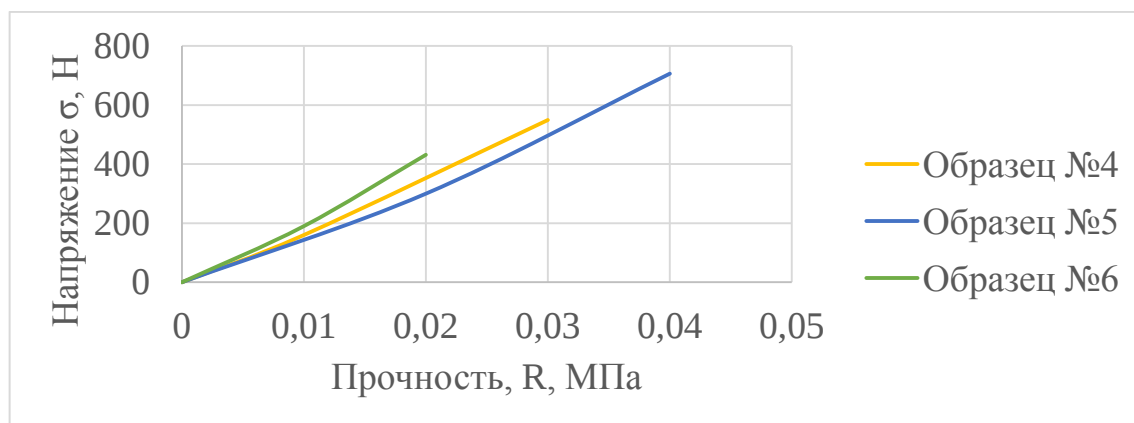


Рисунок 3.8 – Адгезия цементно-песчаного раствора к газобетону

Влага способствует развитию магистральной трещины. Причин появления влаги в контактной зоне, несколько. При наличии штукатурки, с малой паропроницаемостью, происходит конденсация и накопление парообразной влаги, которая идет из помещения, между штукатурным слоем и наружной плоскостью кладки.

Атмосферная влага проникает через трещины (более 0,2 мм) в контактную зону, благодаря гидрофильности материала, а также кинетической энергии, которой она обладает, скатываясь по плоскости стены [8]. Попадая в трещину, вода получает повышенную плотность и вязкость, а ее упругость становится равной упругости материала.

Упругость влаги повышается к вершине трещины и в результате увеличивается расклинивающее действие влаги. В устье магистральной трещины возникают растягивающие напряжения (рис.8а), что приводит к значительному снижению адгезионной прочности и дальнейшему развитию магистральной трещины в контактной зоне.

При минусовых температурах, в зимнее время, развитие магистральной трещины в контактной зоне интенсифицируется из-за образования льда.

Влажность газобетона возле контактной зоны может достигать 46%.

Несмотря на высокую морозостойкость газобетонных блоков, при относительной влажности более 30% и минусовых температурах наступает их разрушение. Отслоение штукатурного покрытия происходит за счет образования льда в контактной зоне, либо из-за постепенного разрушения самого материала кладки в зоне, которая расположена рядом с контактной зоной.

В итоге, фасад здания подвергается образованию большого количества макротрещин в контактной зоне, которые постоянно развиваются. На определенном этапе они объединяются в одну

магистральную трещину, образуя полость, что приводит к отслоению штукатурного покрытия от кладки .

Предварительное грунтование или увлажнение газобетонной кладки, перед нанесением штукатурной смеси, малоэффективно, так как не предотвращает испарение влаги из штукатурки со стороны фасада, а поэтому существенно не влияет на основные свойства раствора.

Для того, чтобы избежать деструктивных процессов разработаны теоретические предпосылки. Штукатурный раствор следует рассматривать как покрытие, связанное с кладкой через контактную зону. Ранее мы рассматривали процессы, протекающие в штукатурном покрытии, а в этой работе акцентируем внимание на формировании качественной контактной зоны.

Ранее превалировала точка зрения, что штукатурные растворы должны иметь высокую адгезию к кладке. Однако, если прочность штукатурного раствора будет больше прочности материала кладки, то это приведет к когезионному разрушению то есть по материалу кладки. Авторами предложены три концепции решения проблемы:

- 1.Эластичного штукатурного покрытия;
- 2.Демпфирующего слоя;
- 3.Объединенная.

Концепция эластичного штукатурного покрытия излагает, что деформации кладки (температурные, усадочные и др.) получают компенсацию за счет эластичности (упругого растяжения) штукатурного покрытия, для этого материал, который имеет абсолютную адгезию с основанием, должен обладать достаточным относительным удлинением. Заданная величина относительного удлинения, будет перекрывать деформации кладки, предотвращать образование и развитие трещин, исключая разрушение штукатурного покрытия. При этом

предпочтительно, чтобы материал работал в упругой стадии и имел величину остаточного относительного удлинения.

Концепция демпфирующего слоя предполагает, что при деформации кладки, растягивающие усилия воспринимаются за счет эластичности контактной зоны между кладкой и покрытием. И в этом случае прочность на разрыв штукатурного покрытия, также должна превышать растягивающие в нем напряжения. Но основной демпфирующий эффект берет на себя уже контактная зона. Для штукатурных покрытий наружных стен, существует условие отсутствие растрескивания и отслаивания в условиях эксплуатации, которое сводится к тому, что адгезионная прочность должна быть выше внутренних усадочных напряжений в покрытии и ниже предела прочности при растяжении материала покрытия. В связи с этим для повышения его трещиностойкости необходимо формирование трещинопрерывающей эластичной контактной зоны в виде прослойки из высокодеформируемого материала. Этого можно добиться целенаправленным формированием контактной зоны «кладка-покрытие» или предварительным нанесением на кладку полимерцементной смеси с увеличенным содержанием редиспергируемого полимерного порошка.

Объединённая концепция предусматривает формирование, как эластичного штукатурного покрытия, так и контактного слоя между кладкой и покрытием. Для обеспечения реализации концепций формализованы критериальные требования к штукатурному покрытию:

1. Проверка прочности сцепления штукатурного слоя с кладкой выполняется по формуле, определяющей величины напряжения при растяжении:

$$\sigma = \frac{F_k}{A_k} \leq R_a \quad (3.1)$$

где: F_k – реакция в податливой связи метода конечных элементов, кН; A_k – площадь элемента, м² ; R_a – расчетный предел прочности сцепления штукатурного покрытия с газобетонным основанием, кПа.

2. Сдвигающее напряжение (τ) должно быть меньше прочности сцепления покрытия с кладкой:

$$\tau = [\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2] / \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \quad (3.2)$$

где: τ - напряжение сдвига от температурных деформаций, кгс/см² ; $\Delta T_1, \Delta T_2$ – разность температуры штукатурного покрытия и кладки, °С; α_1, α_2 – коэффициент термического расширения кладки и штукатурного покрытия;

E_1, E_2 – модули упругости кладки и штукатурного покрытия, кгс/см²;

Используя эти концепции и критерии, мы получаем основу для управления качеством контактной зоны в системе «кладка-покрытие».

Для обеспечения оптимальных условий твердения, предотвращения трещинообразования в контактной зоне, растворная смесь должна иметь высокую водоудерживающую способность. Для этого, в смесь необходимо вводить известь, взамен части цемента, известняковую муку, эфиры целлюлозы и редиспергируемые полимерные порошки. В результате получаем цементно- полимерную массу, по реологическим параметрам приближающуюся к мастикам. Теперь для формирования качественной контактной зоны можно использовать высокий капиллярный потенциал материала кладки. Это обеспечит присасывание вязкой массы, при помощи всасывающего давление (ΔP), которое можно вычислить из уравнения Пуазейля (3.3):

$$\frac{dl}{d\tau} = \frac{r^2 \Delta P}{8\eta \ell}$$

где: r – радиус капилляра, м;

ΔP – всасывающее давление капилляра, Па;

η – динамическая вязкость жидкого реагента растворной смеси, Па·с;
 ℓ – глубина проникновения жидкого реагента растворной смеси, м;
 τ – время, с.

С учетом баланса энергии на границе раздела фаз всасывающего давления поры (ΔP) будет равно (3.4):

$$\sigma_m = 2\sigma_{mr} - \frac{p \cos \theta}{2} \quad (3.4)$$

где σ_m – поверхностное натяжение материала кладки, кДж/м² ;

σ_{mr} – поверхностная энергия на границе раздела фаз жидкого реагента растворной смеси – материал кладки, кДж/м² ;

θ – краевой угол смачивания,

$$\Delta P = 2\sigma_r * \cos \theta / r \quad (3.5)$$

где: σ_r – поверхностное натяжение жидкого реагента растворной смеси и штукатурного раствора; кДж/м² .

Благодаря всасывающему давлению капиллярных пор, находящихся в стенках крупных пор-ячеек, крупные поры-ячейки газобетона полностью заполняются растворной смесью, что обеспечивает формирование контактной зоны с минимальным количеством дефектов.

Когда жидкий реагент растворной смеси проникает, в реакции оказываются задействованы жидкие и твердые вещества материала кладки, что дает эффект анкеровки, прочно фиксирующий штукатурное покрытие на поверхности кладки. В результате этого идет формирование эластичной, с малым количеством дефектов, контактной зоны между кладкой и штукатурным покрытием. Формирование эластичной контактной зоны, наряду с образованием штукатурного покрытия с повышенной эластичностью, меняет качественную картину работы системы «кладка-покрытие». Трещиностойкость такого покрытия в значительной мере, наряду с их собственной деформативностью, определяется интенсивностью взаимодействия покрытий с кладкой.

3.3 Выводы по разделу 3

Анализ результатов экспериментальных исследований на прямой отрыв (растяжение) образцов на клеевом и цементно-песчаном растворах позволяет сделать следующие выводы:

- Адгезия изменялась в интервале 0,02-0,05 МПа. При этом максимальное значение 0,05 МПа, полученное при испытании образца №3 на клеевом растворе, что подтверждает высокую адгезионную прочность сцепления клеевого слоя и газоблока.

- Добиться должного сцепления цементно-песчаного раствора и газоблока не удалось, так как происходило разрушение бетона, которое возможно происходило из-за ошибок, допущенных при подготовке испытания опытных образцов:

- неравномерное склеивание образцов по площади контакта;
- неравномерное приложение нагрузки к образцам при их испытании.

Разрушение образцов на цементно-песчаном растворе объясняет возникновение трещин в вертикальных швах кладки - рисунок 3.11. Причиной этого является испарение влаги и то, что лишняя влага выходит в блок, что ухудшает процесс схватывания, и как следствие уменьшение прочности сцепления и ухудшения схватывания раствора и блока.

Шов кладки на клеевом растворе меньше (2 мм), что дает лучшую теплоизоляцию и упрощают отделочные работы.

Отверждение цементно-песчаного раствора происходит по механизму гидратации, но при тонкослойном нанесении вода быстро уходит в блок или испаряется, что ухудшает процесс схватывания и может привести к разрушению блока. Частицы клеевого раствора меньше, чем цементно-песчаного, что улучшает схватывание раствора и минимизирует испарение лишней влаги, что улучшает прочностные характеристики кладки и уменьшает вероятность возникновения трещин.

4. Сравнительный анализ для разделов 1,2,3

На основании данных по теплотехническому расчету видна существенная разница в коэффициентах теплотехнической однородности. Теплотери через швы, выполненные из цементно-песчаного раствора, составляют 9 %, а через швы, выполненные из клея всего 1%.

Таким образом, для уменьшения теплотерь через швы целесообразно выполнять кладку на клею с толщиной швов 2 мм.

При этом стоимость кладки стены на клею оказалась ниже, нежели при использовании цементно-песчаного раствора.

Анализ результатов экспериментальных исследований сжатия образцов из клеевого и цементно-песчаного растворов позволяет сделать следующие выводы:

- Прочность на сжатие опытных образцов изменялась в интервале от 105,63 до 190 кг/см².

При этом у образцов из цементно-песчаного раствора получены максимальные значения предела прочности 190 кг/см², а минимальные значения получены у образцов из клеевого раствора 105,63 кг/см².

Прочность образцов из цементно-песчаного раствора через 7 суток в 1,77 раз выше прочности образцов из клеевого раствора. Прочность образцов из цементно-песчаного раствора через 28 суток в 1,58 раз выше прочности образцов из клеевого раствора.

- Образцы из цементно-песчаного раствора на 7 сутки после изготовления показывают практически проектную прочность.

- Объем образцов из клеевого раствора остался неизменным в процессе твердения. Объем образцов из цементно-песчаного раствора уменьшился, так как произошло испарение лишней жидкости.

- Характер разрушения опытных образцов одинаков. Для разрушения образцов из клеевого раствора потребовалось приложить меньшее усилие.

Анализ результатов экспериментальных исследований на прямой отрыв (растяжение) образцов на клеевом и цементно-песчаном растворах позволяет сделать следующие выводы:

- Адгезия изменялась в интервале 0,02-0,05 Мпа. При этом максимальное значение 0,05 Мпа полученном при испытании образца №3 на клеевом растворе, что подтверждает высокую адгезионную прочность сцепления клеевого слоя и газоблока.

- Добиться должного сцепления цементно-песчаного раствора и газоблока не удалось, так как происходило разрушение бетона, которое возможно происходило из-за ошибок, допущенных при подготовке испытания опытных образцов:

- неравномерное склеивание образцов по площади контакта:

- неравномерное приложение нагрузки к образцам при их испытании.

Разрушение образцов на цементно-песчаном растворе объясняет возникновение трещин в вертикальных швах кладки фото рисунок 3.11. Причиной этого является испарение влаги и то, что лишняя влага выходит в блок, что ухудшает процесс схватывания, и как следствие уменьшение прочности сцепления и ухудшения схватывания раствора и блока.

Шов кладки на клеевом растворе меньше (2 мм), что дает лучшую теплоизоляцию и упрощают отделочные работы.

Отверждение цементно-песчаного раствора происходит по механизму гидратации, но при тонкослойном нанесении вода быстро уходит в блок или испаряется, что ухудшает процесс схватывания и может привести к разрушению блока. Частицы клеевого раствора меньше, чем цементно-песчаного, что улучшает схватывание раствора и минимизирует испарение лишней влаги, что улучшает прочностные характеристики кладки и уменьшает вероятность возникновения трещин.

Была составлена таблица 3.6 по технико-экономическим показателям (ТЭП), для сравнения прочность была взята по усредненным показателям.

Таблица 3.6 - ТЭП

Кладка наружной стены из газобетона	Коэффициент теплотехнической однородности стены	Стоимость 1м ² кладки стены толщиной 400 мм, тыс.руб.	Прочность раствора при осевом сжатии, кг/см ²	Адгезия раствора к газобетону(прямой отрыв), МПа
На клею	0,99	2,11	132,57	0,033
На цементно- песчаном растворе	0,92	2,36	183,10	0,030

Данные таблицы показывают целесообразность применения в кладке стены из блоков ячеистого бетона (газобетонных блоков) клеевого раствора при толщине шва 2 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проделав данную работу по сравнительному анализу кладки стен из газобетонных блоков на клею и на цементно-песчаном растворе было установлено, что необходимо использовать клеевой раствор для возведения стен из газобетонных блоков, как это трактует технология.

Цель магистерской работы была достигнута. Эффективность использования клеевого раствора толщиной в 2 мм при кладке стен из газоблоков научно и практически обоснована.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ 31359-2007 Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия
2. ГОСТ 31360-2007 Изделия стеновые неармированные из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Технические условия
3. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
4. ГОСТ 5742-76 Изделия из ячеистых бетонов теплоизоляционные. Технические условия
5. ГОСТ 7076-87 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности
6. ГОСТ 28013-98 Растворы строительные. Общие технические условия
7. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний
8. ГОСТ 4.212-80 Система показателей качества продукции. Бетоны. Номенклатура показателей
9. ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности
10. ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
11. ГОСТ 21520-89 Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия
12. ГОСТ 24992-81 "Конструкции каменные. Метод определения прочности сцепления в каменной кладке".
13. ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. Технические условия
14. ГОСТ 25898-83 Материалы и изделия строительные.
15. ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия
16. ГОСТ 31357-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия
17. ГОСТ 31356-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний

18. СП 48.13330.2012 Организация строительства
19. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции
20. СТО НОСТРОЙ 2.33.14-2011 Организация строительного производства. Общие положения
21. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. Взамен СНиП II-3-79; введ. 2003-10-01. - М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП. - 1992. - 26 с.
22. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ // Собр. Законодательства. 2009.
23. Кириллов, К.И. Повышение теплофизических свойств кладочных растворов / К.И. Кириллов // сб. тезисов докладов II Междунар. студенческого форума. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. - Ч. 4. -С. 57.
24. Дегтев И. А., Донченко О. М., Ежеченко Д. А. и др. Исследование прочности нормального сцепления стеновых материалов с раствором // Вестник БГТУ. – 2010. – № 1. – С. 77–80.
25. С.Л. Галкин и др. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Стринко. Минск. 2006. – 448 с.
26. СНиП II-22–81 Каменные и армокаменные конструкции
27. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М. 1987.
28. СТО 501-52-01–2007 Применение ячеистых бетонов в несущих и ограждающих конструкциях жилых и общественных зданий в Российской Федерации. Часть 1. Ассоциация строителей России. М. 2008.
29. Гринфельд Г.И., Харченко А.П. Сравнительные испытания фрагментов кладки из автоклавного газобетона с различным исполнением кладочного шва // Жилищное строительство. 2013. № 11. С. 30-34.
30. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции.

31. Деркач В.Н. Прочность нормального сцепления цементных растворов в каменной кладке // Инженерно-строительный журнал. 2012. №7. С. 6-13. 79
32. А.С. Горшков, Г.И. Гринфельд, В.Е. Мишин, Е.С. Никифоров, Н.И. Ватин. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеисто-бетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея // Строительные материалы. 2014. №5. С. 57-64.
33. Дегтев И. А., Донченко О. М., Ежеченко Д. А. и др. Исследование прочности нормального сцепления стеновых материалов с раствором // Вестник БГТУ. – 2010. – № 1. – С. 77–80.
34. Дегтев И. А., Лаврик Г. И. Малоэтажное эколого-экономическое жилище для массового строительства в условиях Белгородчины // Вестник БГТУ. – 2008. – № 1. – С. 32–34.
35. ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
36. EN 1996-1-1: 2005 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1. General (Еврокод 6. Проектирование каменных конструкций. Часть 1-1. Общие положения)
37. EN 1052-3:2002 Методы испытаний каменной кладки. Часть 3. Определение начальной прочности каменной кладки при сдвиге
38. EN 998-2:2010 Растворы строительные для каменной кладки. Технические условия
39. EN 1015-9:1999 Растворы строительные для каменной кладки. Методы испытаний. Часть 9. Определение времени пригодности к использованию и времени корректировки свежего строительного раствора
40. EN 1015-11: Растворы строительные для каменной кладки. Методы испытаний. Часть 11. Определение предела прочности на сжатие и на изгиб затвердевшего строительного раствора