

05.23.05

A

На правах рукописи



Ахмедьянов Ренат Магафурович

**ЛЁГКИЕ НАРУЖНЫЕ ШТУКАТУРНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ
С ВЕРМИКУЛИТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ**

Специальность 05.23.05—“Строительные материалы и изделия”

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск

2002

Работа выполнена в Южно-Уральском государственном университете.

Научный руководитель – д.т.н., профессор Б.Я. Трофимов.

Научный консультант – к.т.н., с.н.с. Р. Я. Ахтямов.

Официальные оппоненты: д.т.н. Чернов Алексей Николаевич,
к.т.н. Шикирянский Анатолий Маркович.

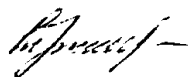
Ведущая организация – ЗАО «Монолит» (г. Челябинск).

Защита состоится "30" октября 2002 года, в 15 часов, на заседании диссертационного совета ДМ 212.298.08 при Южно-Уральском государственном университете, в конференц-зале по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В. И. Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Автореферат разослан "28" сентября 2002 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор Б.Я. Трофимов



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

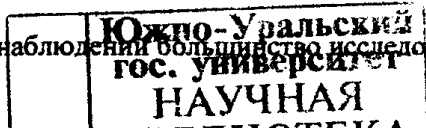
Ячеистый бетон в современных условиях является одним из наиболее распространённых конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов, обеспечивающих потребности промышленного и гражданского строительства. Суровые климатические условия большинства регионов России, постоянный рост цен на энергоносители вызвали изменения № 3 СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» требующие, начиная с 2000 года, приблизительно в три раза повысить термическое сопротивление ограждающих конструкций вновь строящихся и реконструируемых жилых домов. Благодаря этим факторам ячеистобетонные блоки получили широкое распространение.

Однако, хотя мелкие ячеистобетонные блоки пользуются повышенным спросом, широкое их распространение ограничивается из-за необходимости применения отделочного покрытия. Возникает потребность получения долговечных строительных материалов, предохраняющих строительные конструкции из ячеистого бетона от неблагоприятных факторов внешней среды.

Большое количество работ посвящено проблеме долговечности ограждающих конструкций из ячеистобетонных блоков с различными отделочными покрытиями, разработано множество видов отделочных покрытий. Однако, для получения отделочного слоя толщиной 20..30 мм, до сих пор применяют тяжёлый штукатурный строительный раствор. В качестве вяжущего в таких растворах используют в основном цемент, известь или смесь цемента с известью, а в качестве заполнителя речной или карьерный кварцевый песок. При этом отделку из плотного раствора отличает малая долговечность: быстрое разрушение, потеря адгезии с основанием, значительное количество трещин.

Согласно СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» конструкции наружных стен зданий должны исключать накопление влаги за год эксплуатации. В случае применения тяжёлого штукатурного строительного раствора для отделки конструкционно-теплоизоляционных ячеистобетонных блоков это требование не удовлетворяется.

В результате натуральных и лабораторных наблюдений большинство исследо-



вателей сходятся во мнении, что основным требованием к отделке ячеистобетонных изделий является паропроницаемость, обеспечивающая не накопление конденсата на границе ячеистобетонный блок – штукатурный раствор, при этом раствор должен обладать достаточным сцеплением с основанием, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Одним из эффективных и технологичных способов решения указанных проблем является использование в качестве отделки ячеистобетонных блоков лёгких строительных растворов на вспученном вермикулите, имеющих с блоками одинаковую среднюю плотность.

Широкое распространение месторождений вермикулитовой руды в России позволяет предполагать эффективность применения вспученного вермикулита в качестве заполнителя для лёгких штукатурных растворов.

Однако, сложность нанесения и низкая водоудерживающая способность цементновермикулитовых растворных смесей, высокая водопроницаемость, низкая морозостойкость, прочность при сжатии и сцепления с основанием не вызвали широкого распространения цементновермикулитовых растворов.

Для решения этих задач предложено модифицировать реологические характеристики цементновермикулитовой растворной смеси и структуру раствора введением тонкодисперсных минеральных добавок: известью и микрокремнезёмом, полимерных добавок: эфира целлюлозы Tylose, сополимеров винилацетата Movilith и суперпластификатора С-3.

Таким образом, решение затронутых проблем ставит исследовательскую задачу разработки эффективных растворов, обладающих необходимой паропроницаемостью, морозостойкостью, водопроницаемостью, прочностью сцепления с основанием. Растворная смесь этих растворов должна обладать при нанесении необходимыми технологическими свойствами. Механизм влияния минеральных и полимерных добавок в составе раствора с вермикулитовым заполнителем на основные свойства растворной смеси и раствора недостаточно изучен. Исследованию вопроса направленного формирования структуры и свойств цементновермикулитовых лёгких растворов при введении минеральных и полимерных добавок, посвящена данная диссертация.

Цель работы: разработка эффективных строительных вермикулитосодержащих растворов, с минеральными и полимерными добавками, предназна-

ченных для отделки наружной поверхности стен из ячеистобетонных блоков.

Автор защищает:

- рецептуру сухой растворной смеси, включающей портландцемент, молотую негашёную известь, микрокремнезём, эфир целлюлозы, редиспергируемый полимерный порошок, суперпластификатор и вспученный вермикулит;
- результаты исследования влияния минеральных и полимерных добавок на основные свойства растворных смесей и растворов;
- полученные математические модели изменения свойств растворных смесей и растворов в зависимости от соотношения компонентов;
- результаты исследования влияния минеральных и полимерных добавок на формирование фазового состава цементного камня;
- особенности структуры вермикулитосодержащих растворов с минеральными и полимерными добавками;
- полученные закономерности влияния минеральных и полимерных добавок на реологические характеристики растворных смесей;
- результаты исследования влияния минеральных и полимерных добавок на теплотехнические свойства растворов;
- экспериментальные данные стойкости растворов с минеральными и полимерными добавками к капиллярному подосу воды и к морозной коррозии.

Научная новизна работы:

- впервые предложены составы лёгких штукатурных строительных растворов на вермикулитовом заполнителе для отделки ячеистобетонных блоков, включающих добавки извести молотой негашёной, микрокремнезёма, суперпластификатора, редисперсионного полимерного порошка и эфира целлюлозы. Растворы обладают свойствами, которые обеспечивают не накопление конденсата при эксплуатации наружных стен жилых зданий из ячеистобетонных блоков;
- установлено, что применение тонкодисперсных минеральных и полимерных добавок позволяет направленно регулировать реологические характеристики растворных смесей, улучшают их технологические свойства, обеспечивая возможность получения и нанесения растворов со средней плотностью до 400 кг/м^3 ;
- впервые получена закономерность влияния водоудерживающей способно-

сти вермикулитосодержащих растворных смесей на свойства штукатурных растворов при сжатии;

- выявлено, что введение тонкодисперсных минеральных и полимерных добавок в состав растворов позволяет осуществить направленное формирование структуры раствора повышенной стойкости к действию внешней среды.

Практическое значение работы: на основании экспериментальных исследований автором разработаны эффективные составы лёгких строительных растворов с вермикулитовым наполнителем, предназначенных для отделки наружной поверхности стен из ячеистобетонных блоков.

Подана заявка № 2001104724/28(004734) и получено решение о выдаче патента на изобретение МПК 7 G 01 N 3/08, 33/38 «Способ испытания на растяжение пластичной массы».

Разработаны «Технические условия» и «Технологический регламент» на сухие смеси для лёгких штукатурных растворов.

Строительные растворы с вермикулитовым наполнителем, выполненные в соответствии с «Техническими условиями», прошли опытно экспериментальную проверку в ООО «Отделочник-Сервис». Приведённый экономический эффект составил 1500 руб на 1 м³ сухой растворной смеси.

Апробация работы: основные положения диссертационной работы были доложены и обсуждены на 54 Научно-технической конференции Южно-Уральского государственного университета, II международной конференции «Сухие строительные смеси» Mix-build 2000 в Санкт-Петербурге, Интернет - конференции «Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков» в Белгороде, IV Международной заочной научно-практической конференции «Биосфера и человек: проблемы взаимодействия» в Пензе.

Публикации: основное содержание работы опубликовано в 5 статьях и получен 1 патент.

Объём работы: диссертационная работа состоит из Введения, 6 глав, общих выводов, списка используемой литературы, содержащего 106 наименований, приложений на 18 страницах и имеет 202 страницы печатного текста, 52 рисунка и 36 таблиц.

Содержание работы

Первая глава работы посвящена обзору литературы по вопросам, касаю-

шимся особенностями применения ячеистобетонных изделий и в том числе блоков в качестве наружной стеновой конструкции. При этом рассмотрены работы посвященные проблеме повышения долговечности наружных стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков путем применения защитных покрытий. Отмечено, что применение некоторых из них приводит к появлению негативных явлений.

Выявлено, что одним из решений данной проблемы является использование лёгких штукатурных растворов с вермикулитовым наполнителем модифицированных минеральными тонкодисперсными и полимерными добавками.

Важную роль в решении проблем, связанных с долговечностью отделочных покрытий для ячеистого раствора сыграли исследования, проводимые в НИИЖБе, ЦНИИЭПЖилище, НИПСиликатбетоне, Уральском и Донецком ПромстройНИИПроектах, ВНИИжелезобетоне. Первые натурные исследования ячеистобетонных конструкций проводили Е. И. Бабенко, Б. Ф. Васильев, Н. К. Девятова, И. Т. Кудряшев, П. А. Теслер, Е. И. Шестеперова, Г. М. Щербо и др. Большое внимание вопросу отделки фасадной поверхности стен из ячеистого бетона уделяли Н. И. Гусев, И. А. Иванов, Х. И. Иоости, Т. В. Косточкина, И. Б. Сивитски, Е. С. Силаенков, Т. Н. Сычугова, Ф. В. Ушков, М. К. Фролова и др.

Материалы и методы исследования

В экспериментальной части использовались Коркинский портландцемент марки ПЦ 400 – Д 20, высокоактивная минеральная добавка (отход производства ферросилиция) – конденсированный микрокремнезем Челябинского электрометаллургического комбината МК-85, негашеная порошкообразная известь без добавок 2 сорта, вермикулит вспученный Ковдорского месторождения Мурманской области марки 150, суперпластификатор С-3, Tylose МН 60010 Р4 – метилгидроксиэтилцеллюлоза, Movilith Pulver DM 2072 Р – редиispersионный полимерный порошок сополимер винилацетат/ виниловый эфир версатиковой кислоты/ акрилат

При проведении физико-химических исследований применялся дифференциально-термический и рентгенофазовый анализы. Изучение основных качественных свойств растворной смеси и раствора включало в себя определение реологических характеристик и прочностных свойств, водоудерживающей способности, расслаиваемости растворной смеси, определение физико-механических и

теплотехнических характеристик раствора. В работе использовалась математическое планирование экспериментов и статистическая обработка полученных данных с использованием ЭВМ для получения зависимостей исследуемых величин от варьируемых факторов, а также оценка достоверности экспериментальных данных.

Основные результаты исследований

На первом этапе исследовалось влияние молотой негашеной извести и микрокремнезёма на свойства растворной смеси и раствора.

Результаты исследований показали, что введение извести и микрокремнезёма в растворы с низким содержанием вермикулита (отношение вермикулита к вяжущему по массе Z/B_v 0,2...0,4) приводит к увеличению количества воды затворения (водовяжущее отношение B/B_v с 1,01...1,90 до 1,46...2,28). Частицы микрокремнезёма и извести отличаются очень развитой удельной поверхностью, требующей для её смачивания значительного объёма воды.

Введение извести и микрокремнезёма в составы растворов с высоким содержанием вермикулита (Z/B_v 0,6...1,0) привело к снижению количества воды затворения (B/B_v с 3,19...4,79 до 3,02...4,41). Повышение пустотности смеси с высоким содержанием вермикулита обусловило необходимость заполнения пустот растворной смесью. Введение микрокремнезёма и извести позволяет увеличить объёмное содержание цементного теста в растворной смеси.

Введение извести и микрокремнезёма в цементновермикулитовые растворные смеси вне зависимости от содержания вермикулита приводит к уменьшению их расслаиваемости с 9,18...1,07 до 0,83...0,67% и к увеличению водоудерживающей способности с 56,4...93,1 до 96,2...99,5%.

Результаты исследований свойств растворов показали, что введение извести и микрокремнезёма в составы растворов с низким содержанием вермикулита снижает прочность при сжатии и среднюю плотность. При низком содержании вермикулита в растворе (Z/B_v 0,2) наибольшую прочность при сжатии показал раствор на цементном вяжущем. В таких составах цементный камень создаёт непрерывный каркас воспринимающий нагрузки и здесь решающее значение на прочность при сжатии оказывает активность вяжущего.

В растворах с повышенным содержанием вермикулита увеличение добавок извести и микрокремнезёма привело к увеличению прочности при сжатии с од-

новременным снижением средней плотности, причём эти зависимости носят экстремальный характер.

При исследовании влияния молотой негашеной извести и микрокремнезёма на свойства растворной смеси и раствора использовалась математическая модель третьего порядка для трёхкомпонентной смеси:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \gamma_{12} x_1 x_2 (x_1 - x_2) + \gamma_{13} x_1 x_3 (x_1 - x_3) + \gamma_{23} x_2 x_3 (x_2 - x_3) + \beta_{123} x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Повышение водоудерживающей способности растворной смеси увеличивает эффективность использования минеральных тонкодисперсных добавок, оно приводит к повышению прочности при сжатии раствора на пористом основании.

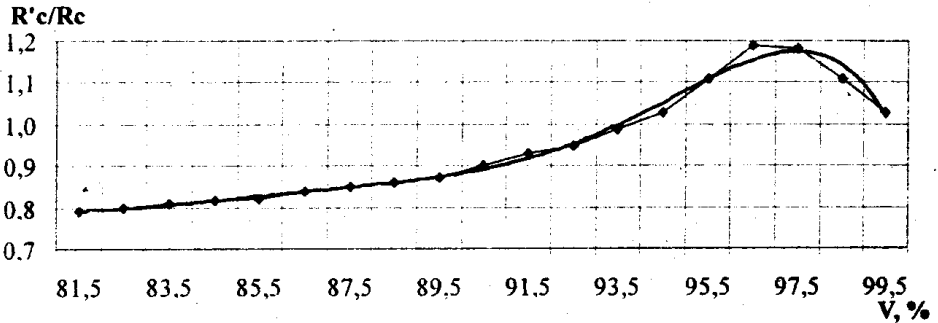


Рис. 1 Зависимость отношения прочности раствора на пористом и плотном основании R'_c/R_c от водоудерживающей способности растворной смеси V

В растворных смесях с водоудерживающей способностью ниже 94% прочность раствора при сжатии на пористом основании, меньше прочности раствора на плотном основании. Увеличение водоудерживающей способности выше 94 до 96...97% приводит к тому, что прочность раствора при сжатии на пористом основании, выше прочности раствора на плотном основании. При дальнейшем увеличении водоудерживающей способности происходит выравнивание значений прочности при сжатии на разных основаниях (рис. 1).

Определение оптимального количества извести и микрокремнезёма проводили по коэффициенту конструктивного качества К.К.К. (R/p), определяя его максимальную величину, а также расслаиваемость Π , водоудерживающую спо-

способность растворной смеси V , среднюю плотность ρ и прочность раствора при сжатии R (табл. 1).

Таблица 1

Свойства растворов и растворных смесей оптимальных по максимальному К.К.К. в сравнении с контрольными при разном расходе заполнителя

№	Вязущее	З/Вв по m	З/Вв по V	В/Вв	П, %	V , %	ρ , кг/м ³	R , МПа	К.К.К., МПа·м ³ /т
1	Цемент	0,2	1.71	1,01	1,07	93,07	1025	6,24	6,10
2	Смешанное ПЦ/МК/И 58/27/15	0,2	0.79	1,15	0,84	97,50	819	5,33	6,51
3	Цемент	0,4	3.43	1,89	1,68	85,25	602	1,14	1,89
4	Смешанное ПЦ/МК/И 43/35/22	0,4	1.55	2,09	0,90	95,74	489	1,57	2,91
5	Цемент	0,6	5.14	3,20	2,70	76,73	488	0,71	1,46
6	Смешанное ПЦ/МК/И 37/37/26	0,6	1.93	3,03	0,99	93,70	407	1,05	2,58
7	Цемент	0,8	6.86	4,76	4,71	67,06	373	0,28	0,75
8	Смешанное ПЦ/МК/И 29/44/27	0,8	2.11	4,27	1,01	92,57	325	0,53	1,65
9	Цемент	1	8.57	4,79	9,13	56,35	340	0,18	0,55
10	Смешанное ПЦ/МК/И 28/48/24	1	2.43	4,72	1,06	91,12	316	0,48	1,45

Коэффициент конструктивного качества с введением микрокремнезёма и извести увеличивается от 0,55...6,10 до 1,45...6,51 в зависимости от содержания вермикулита в составе раствора. Эффективность применения минеральных тонкодисперсных добавок с увеличением содержания вермикулита возрастает.

Исследования влияния негашеной порошкообразной извести и микрокремнезёма на свойства растворных смесей и растворов с вермикулитовым заполнителем показали, что положительное влияние минеральных добавок недостаточно для использования подобных строительных растворов в качестве отделочного слоя ячеистобетонных блоков. Введение минеральных добавок улучшило реологические характеристики, и прочность сцепления растворной смеси с ос-

нованием. Однако при этом практика показала, что растворные смеси растворов со средней плотностью менее 600 кг/м^3 недостаточно технологичны. При обрызге такие растворные смеси имеют значительный отскок от стены, толщина наносимого за один раз слоя не превышает 5 мм. Поэтому для получения строительных растворов с необходимыми свойствами, было решено в составы содержащих минеральные добавки в оптимальном количестве, ввести полимерные добавки.

На втором этапе исследовалось влияние суперпластификатора С-3, метилгидроксиэтилцеллюлозы Tylose МН 60010 Р4, сополимера винилацетата/винилового эфира версатиковой кислоты/акрилата Movilith Pulver DM 2072 Р на свойства растворной смеси и раствора.

Для определения влияния полимерных добавок на основные свойства растворных смесей и растворов были исследованы строительные растворы с вермикулитовязующим отношением З/Вв 0,2; 0,4; 1,0. Основные характеристики, определяемые на втором этапе исследований в растворных смесях: водовязующее отношение, водоудерживающая способность. Основные физико-механические характеристики, определяемые в растворах: средняя плотность в естественном состоянии, прочность при сжатии образцов кубиков в возрасте 28 суток отформованных на металлическом поддоне и на ячеисто-бетонных блоках плотностью $670...710 \text{ кг/м}^3$, паропроницаемость, прочность сцепления с основанием из ячеисто-бетонных блоков плотностью $880...905 \text{ кг/м}^3$. В качестве параметра оптимизации была выбрана прочность сцепления с основанием.

При исследовании влияния полимерных добавок на свойства растворной смеси и раствора использовался план $3 \times 3 \times 3$ полнофакторный эксперимент – традиционный план технико-экономических экспериментов, позволяющий получать регрессионные зависимости вида

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{22}x_2^2 + b_{23}x_2x_3 + b_{33}x_3^2. \quad (2)$$

Введение суперпластификатора позволило снизить количество воды затворения, что в свою очередь повлияло на увеличение водоудерживающей способности растворной смеси.

Увеличение содержания Тилозы и Мовилита привело к повышению водоудерживающей способности растворных смесей. Возросшая водоудерживаю-

щая способность растворной смеси характеризуется увеличением доли мелкодисперсных частиц, количеством взаимных контактов между частицами и уменьшением сечений пор, заполненных водой. В составах с низким содержанием вермикулита количество воды затворения увеличилось, а в составах с высоким содержанием вермикулита уменьшилось. При затворении Тилозы и Мовилита водой происходит диспергирование полимеров, при этом водная дисперсия Тилозы даже при малых дозировках имеет очень большое значение вязкости по сравнению с вязкостью воды.

Мовилит и в большей степени Тилоза в растворной смеси образуют высокостойкие, устойчивые концентрированные эмульсии. Наличие стабилизирующих коллоидных плёнок позволяет растворной смеси деформироваться под нагрузкой вследствие поворотов частиц минеральной фазы и по прослойкам коллоидных плёнок, исключая возможность трения зёрен заполнителя в составах с его высоким содержанием. Это явление позволило снизить количество воды затворения в растворах с большим содержанием вермикулита.

Введение суперпластификатора приводит к повышению прочности растворов, что может быть связано главным образом с уменьшением водовяжущего отношения. При исследовании влияния Тилозы на прочность при сжатии обнаружено, что эта добавка имеет экстремальное значение, а введение Мовилита монотонно повышает прочность в пределах исследуемых дозировок. Частицы Мовилита при высыхании в цементном камне уплотняются и связываются между собой, создавая непрерывные плёнки и мембраны. Полимерная фаза заполняет поровое пространство и другие дефектные места.

Введение Тилозы до 0,2% от массы вяжущего в составы с З/Вв 0,2 увеличивает прочность при сжатии, свыше 0,2% наблюдается значительное падение прочности. В составах с З/Вв 0,4 введение Тилозы до 0,2% повышает прочность, а свыше 0,2% происходит незначительное падение прочности. В составах с З/Вв 1,0 Тилоза увеличивает прочность во всём интервале дозировок.

Исследование влияния полимерных добавок на паропроницаемость растворов показало, что суперпластификатор и Мовилит снижают коэффициент паропроницаемости. Это связано с тем, что С-3 при твердении способствует получению мелкодисперсной структуры цементного камня с повышенным содержанием частиц коллоидного размера и пониженным содержанием капил-

лярных пор, а Мовилит, заполняя поровое пространство, способствует уплотнению цементного камня. Тилоза, напротив, повышает коэффициент паропроницаемости, снижая плотность цементного камня и увеличивая содержание пор по мере высыхания водного раствора полимера, которое сопровождается значительной усадкой последнего.

Выявлено, что значения коэффициентов паропроницаемости штукатурных растворов и ячеистого бетона равны при равенстве их средней плотности. Следовательно, при отделке ячеистобетонных блоков вермикулитосодержащими растворами, имеющими среднюю плотность равную или меньше средней плотности ячеистого бетона, скопление влаги непосредственно под отделочным слоем и в прилегающих слоях бетона не произойдет.

Для определения оптимальной величины полимерных добавок в составе растворов с вермикулитовым наполнителем, в качестве параметра оптимизации была выбрана максимальная прочность сцепления с основанием. Использование в качестве основания ячеисто-бетонных блоков плотностью 880...905 кг/м³ обусловлено необходимостью исключения из опыта результатов с разрушением основания. При испытаниях все разрушения соединений произошли по раствору, следовательно, получаемые значения прочности сцепления не менее когезионной прочности раствора.

Увеличение содержания суперпластификатора в составе раствора не оказало значительного влияния на прочность сцепления с основанием. Поэтому оптимальная дозировка С-3 будет определяться её влиянием на остальные свойства раствора и растворяемых смесей, а также из технико-экономических расчетов.

Увеличение содержания Мовилита в составе раствора позволяет повысить прочность сцепления с основанием. Однако в зависимости от содержания наполнителя в составе раствора изменяется характер влияния дозировки Мовилита на прочность сцепления. В составах с З/Вв 0,2 при превышении содержания Мовилита свыше 1,8...2,2% от массы вяжущего наблюдается стабилизация роста прочности сцепления. В составах с З/Вв 0,4 наблюдается аналогичная картина стабилизации роста прочности сцепления, при дозировках Мовилита 2,5...3,0% от массы вяжущего. В составах с вермикулитовяжущим отношением 1,0 с увеличением содержания Мовилита приводит к монотонному увеличению прочности сцепления с основанием.

Тилоза тоже приводит к увеличению прочности сцепления с основанием, при этом характер роста прочности зависит от содержания вермикулита. В составах с З/Вв 0,2 стабилизация роста прочности сцепления наблюдается при содержании Тилозы свыше 0,2% от массы вяжущего. В исследуемых пределах дозировки Тилозы в растворах с большим содержанием вермикулита стабилизация роста прочности сцепления не наблюдается.

Величина силы сцепления раствора (средней плотностью выше 480...500 кг/м³) с основанием более 0,3 МПа, а также отсутствие разрушения образцов раствора по зоне контакта с основанием удовлетворяют требованиям, предъявляемым к растворам для отделки наружной поверхности стен из ячеистобетонных блоков.

С целью изучения влияния минеральных и полимерных добавок на формирование фазового состава цементного камня был проведен дериватографические, рентгенофазовые исследования и определена пористость растворов.

Известь в составе цементного камня создаёт условия, препятствующие кристаллизации низкоосновных гидросиликатов кальция, и увеличивает содержание гидроксида и карбоната кальция. Микрокремнезём при взаимодействии с известью образует низкоосновные гидросиликаты кальция, а так же снижает концентрацию свободного Ca(OH)₂. В продуктах гидратации цементного камня с добавками Тилозы, Мовилита, и суперпластификатора выявлено увеличение содержания низкоосновных гидросиликатов кальция и связанной воды при снижении содержания свободного Ca(OH)₂. Тилоза, Мовилит и С-3 оказывают активное воздействие на процесс структурообразования, способствуя образованию преимущественное низкоосновных гидросиликатов кальция, с низкой степенью закристаллизованности.

Совместное применение минеральных и полимерных добавок в составе растворов с вермикулитовым наполнителем обеспечивает получение структуры с большим содержанием условно-замкнутых и меньшим содержанием открытых пор и межзерновых пустот по сравнению с растворами без добавки при одинаковой средней плотности. Снижение общей пористости и увеличение замкнутых пор в растворах с минеральными и полимерными добавками позволяет прогнозировать получение растворов большей прочности, водонепроницаемости и морозостойкости, при снижении их теплопроводности.

Для оценки влияния минеральных и полимерных добавок на теплотехнические свойства растворов был определён коэффициент теплопроводности в возрасте 28 суток нормального твердения в сухом состоянии (рис. 2).

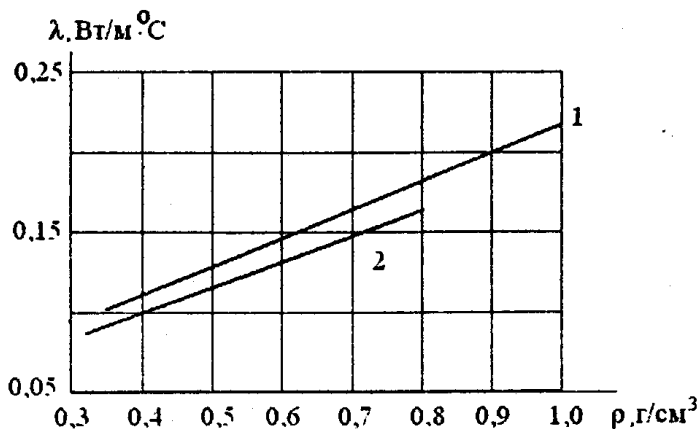


Рис. 2 Зависимость коэффициента теплопроводности λ от средней плотности ρ цементновермикулитовых растворов (1) и модифицированных растворов (2)

Для растворов без добавок зависимость имеет вид

$$\lambda = 0,0408 + 0,1773 \cdot \rho \quad (3)$$

при коэффициенте вариации $C_v = 3,2\%$, коэффициенте корреляции $r = 0,997$.

Для модифицированных растворов зависимость имеет вид

$$\lambda = 0,0344 + 0,1628 \cdot \rho \quad (4)$$

при коэффициенте вариации $C_v = 1,9\%$, коэффициенте корреляции $r = 0,998$.

Введение минеральных и полимерных добавок в состав растворов с вермикулитовым наполнителем способствует улучшению теплотехнических свойств. У растворов с минеральными и полимерными добавками значение коэффициента теплопроводности на 9...12% ниже, чем у растворов без добавок.

Для определения влияния минеральных и полимерных добавок на удобоукладываемость штукатурных растворных смесей с вермикулитовым наполнителем впервые исследованы структурно-механические свойства исходной растворной смеси на приборе плоскопараллельного сдвига конструкции Д. М. Толстого в сравнении с аналогичными свойствами растворных смесей без добавок

(табл. 2). Также было проведено испытание на разрыв растворной смеси на приборе, изобретённым и созданным совместно с Мироновым В. С. (патент на изобретение 2001104724/28 МПК 7 J 01N 3/08, 33/38).

Таблица 2

Основные структурно-механические характеристики растворной смеси

№	Вязущее, %			Добавка, %			Р _к , Па	Е _{уп} , ГПа	Е _{эл} , ГПа	Е, ГПа	$\eta_{пл}$, ГПа	λ	N _ε , ГДж/с
	Ц	И	МК	Т	М	С-3							
1	100	—	—	—	—	—	2024,6	6,71	7,90	3,63	3,83	0,459	1,98
4	85	15	—	—	—	—	2306,2	3,50	3,98	1,86	3,99	0,468	1,33
7	70	15	15	—	—	—	2949,4	1,29	1,40	0,67	4,43	0,479	0,59
9	70	15	15	0,2	—	—	3479,8	0,56	0,53	0,27	4,90	0,513	0,26
11	70	15	15	0,4	—	—	3621,2	0,35	0,32	0,17	5,56	0,521	0,16
13	70	15	15	—	1,0	—	3186,4	0,85	0,89	0,44	4,79	0,490	0,41
15	70	15	15	—	2,0	—	3372,4	0,67	0,65	0,33	4,91	0,507	0,31
17	70	15	15	—	—	0,6	2085,2	0,53	0,57	0,28	4,26	0,483	0,26
19	70	15	15	—	—	1,2	1799,3	0,41	0,42	0,21	3,52	0,489	0,19
20	70	15	15	0,4	2,0	1,2	3225,4	0,33	0,31	0,16	5,03	0,516	0,14

В таблице Р_к – статический предел текучести, Е_{уп} – модуль медленной эластической деформации (модуль упругости), Е_{эл} – модуль быстрой эластической деформации, Е – суммарный модуль, λ – эластичность, $\eta_{пл}$ – наибольшая пластическая вязкость и N_ε – условная мощность деформаций.

Введение извести, микрокремнезёма, Мовилита, Тилозы и суперпластификатора позволяет снизить нагрузку для придания растворной смеси необходимой формы при нанесении, при этом модифицированные растворные смеси можно наносить большей толщины, без сползания слоёв с основания и друг относительно друга, по сравнению с растворными смесями без добавок. Совместное использование минеральных и полимерных добавок в составах растворов с вермикулитовым наполнителем позволяет снизить среднюю плотность растворов до 400 кг/м³ при обеспечении необходимых для нанесения реологических характеристик растворных смесей.

Растворные смеси с минеральными и полимерными добавками обладают большей адгезией и прочностью при растяжении. Увеличение доли наполнителя в составах модифицированных растворных смесей приводит к меньшему снижению прочностных показателей, чем у исходных растворных смесей (рис. 3).

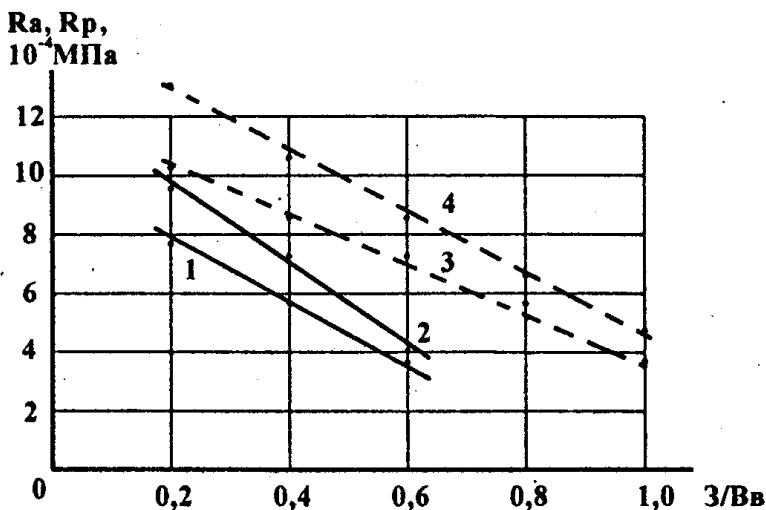


Рис.3 Зависимость прочности сцепления с основанием $R_a(2, 4)$ и прочность на растяжение $R_p(1,3)$ растворной смеси от вермикулитовязующего отношения Z/V_v :

————— — исходная, - - - - модифицированная смесь

Для определения способности штукатурного раствора с вермикулитовым наполнителем впитывать воду при косом дожде были проведены исследования на водопроницаемость при капиллярном подсосе, а для определения стойкости к попеременному замораживанию и оттаиванию штукатурных растворов были проведены исследования морозостойкости по ГОСТ 25485-89 цементновермикулитовых растворов и растворов с оптимальным содержанием минеральных и полимерных добавок при разном содержании вермикулита. При введении в штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем минеральных и полимерных добавок удаётся понизить водопроницаемость и повысить марку раствора по морозостойкости (табл. 3). Штукатурный раствор, модифицированный минеральными и полимерными добавками для отделки наружных стен зданий из ячеистого бетона должен иметь среднюю плотность не менее 500 кг/м^3 , а в случае применения растворов с меньшей плотностью необходима защита наружной поверхности кремнийорганическими соединениями (ГКЖ-94 и др.).

Составы и результаты испытаний растворов на водопроницаемость W и морозостойкость F

№	Ц, %	МК, %	И, %	Т, %	М, %	С-3, %	З/Вв	ρ , кг/м ³	W, кг/м ²	F ЦЗО
1	100	—	—	—	—	—	0,2	1005	5,3	35
2	58	27	15	0,1	1,0	0,4	0,2	822	1,1	35
3	100	—	—	—	—	—	0,4	600	6,9	26
4	43	35	22	0,2	2,0	0,8	0,4	490	2,6	25
5	100	—	—	—	—	—	0,6	490	8,2	8
6	37	37	26	0,2	2,0	0,8	0,6	410	4,1	15
7	100	—	—	—	—	—	0,8	365	—	0
8	29	44	27	0,3	3,0	1,2	0,8	335	6,7	6
9	100	—	—	—	—	—	1,0	343	—	0
10	28	48	24	0,3	3,0	1,2	1,0	315	7,6	4

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Получены сухие смеси лёгких растворов, включающие оптимальное количество портландцемента, негашёной порошкообразной извести, микрокремнезёма, эфира целлюлозы Tylose, редисперсионного полимерного порошка Movilith и суперпластификатора С-3 для разного содержания вермикулита (З/Вв от 0,2 до 1,0), которые обеспечивают получение лёгких отделочных растворов средней плотностью от 315 до 822 кг/м³.

2. На основе полученных сухих смесей лёгких растворов показана возможность получения лёгких штукатурных растворных смесей и растворов с широким диапазоном эксплуатационных и технологических свойств:

- сниженной расслаиваемостью растворной смеси $\leq 10\%$;
- сниженной средней плотностью растворов, растворные смеси которых обладают удобоукладываемостью необходимой, для ручного и механического нанесения;
- водоудерживающей способностью растворной смеси $\geq 95\%$, позволяющей получать растворы, твердеющие на пористом основании без снижения прочностных характеристик;
- необходимым усилием сцепления раствора (средней плотностью выше 480...500 кг/м³) с основанием не менее 0,3 МПа;

- равной паропроницаемостью растворов и ячеистобетонных блоков в случае равенства их средних плотностей, что обеспечивает необходимый температурно-влажностный режим эксплуатации стен;
- пониженной водопроницаемостью растворов, обеспечивающей применение последних (при средней плотности более 500 кг/м^3) без гидрофобизации;
- повышенной морозостойкостью растворов.

3. По полученным математическим моделям установлено, что при использовании тонкомолотых минеральных добавок в лёгких растворах с вермикулитовым наполнителем снижается расслаиваемость, повышается водоудерживающая способность растворной смеси, при увеличении содержания вермикулита увеличивается коэффициент конструктивного качества раствора – увеличивается прочность при сжатии при снижении средней плотности.

4. По полученным математическим моделям выявлено, что полимерные добавки позволяют увеличить водоудерживающую способность растворной смеси, увеличить прочность сцепления раствора с основанием. Установлено, что С-3 и Мовилит снижают, а Тилоза увеличивает коэффициент паропроницаемости раствора.

5. Исследованиями установлено, что цементный камень раствора с минеральными и полимерными добавками отличается повышенным содержанием низкоосновных гидросиликатов кальция, а раствор повышенным содержанием условно-замкнутых пор и пониженным содержанием открытых пор, что увеличивает стойкость раствора к морозной коррозии, прониканию воды и тепла.

6. Исследованиями структурно-механических свойств растворной смеси показано, что действие тонкомолотых минеральных добавок, Тилозы и Мовилита на реологические характеристики растворной смеси одинаково и зависит от дисперсности минеральных добавок и вязкости водной дисперсии полимеров. Однако отдельно минеральные и полимерные добавки не обеспечивают необходимой удобоукладываемости, которая достигается при их совместном использовании, особенно с увеличением содержания наполнителя.

7. Разработанные составы сухих смесей позволяют получать лёгкие растворы (средней плотностью $500 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$) для отделки наружной поверхности стен из конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных ячеистобетонных блоков марок D500...D1200 при обеспечении нормального темпера-

турно-влажностного режима эксплуатации стеновых конструкций.

8. Разработаны «Технологический регламент» и «Технические условия», указывающие способы приготовления и нанесения растворных смесей, а так же свойства сухих смесей, растворных смесей и растворов для отделки наружной поверхности стен из ячеистобетонных блоков. Экономический эффект от внедрения данных растворов составил 1500 руб на 1 м³ сухой смеси.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДСТАВЛЕНЫ В ПУБЛИКАЦИЯХ

1. Р.М. Ахмедьянов, Б.Я. Трофимов, Р.Я. Ахтямов. Лёгкие штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем.// Строительство и образование: Сборник научных трудов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. – Вып. 4. 231с.
2. Р.М. Ахмедьянов, Б.Я. Трофимов, Р.Я. Ахтямов. Исследования влияния полимерных и минеральных тонкодисперсных добавок на теплопроводность лёгких растворов с вермикулитовым наполнителем.// Материалы VI Международной научно-практической конференции “Биосфера и человек: проблемы взаимодействия”. – Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2002. – С. 239 – 241.
3. Р.М. Ахмедьянов, Б.Я. Трофимов, Р.Я. Ахтямов. Исследования влияния полимерных и минеральных тонкодисперсных добавок на фазовый состав цементного камня теплоизоляционных растворов.// Там же. – С. 124 – 126.
4. Р.М. Ахмедьянов, Б.Я. Трофимов, Р.Я. Ахтямов. Реологические свойства теплоизоляционных штукатурных растворных смесей с вермикулитовым наполнителем.// Материалы докладов Международной интернет-конференции “Архитектурно-строительное материаловедение на рубеже веков”. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – С. 8 – 15.
5. Б.Я. Трофимов, Р.Я. Ахтямов, Р.М. Ахмедьянов. Исследование влияния минеральных тонкодисперсных добавок на свойства растворных смесей и растворов с вермикулитовым наполнителем.// Вестник ЮУрГУ №5 (05). Серия «Строительство и архитектура». – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – С. 28 – 33.