

УДК 691.311-41

Мухаметрахимов Рустем Ханифович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: muhametrahimov@mail.ru

Галаутдинов Альберт Радикович

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: galautdinov89@mail.ru

Лукманова Лилия Валиевна

инженер

E-mail: lilya0503199@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Структура и свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы, армированной целлюлозными волокнами

Аннотация

Постановка задачи. Для наружной и внутренней отделки зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения применяются различные листовые материалы и изделия. Особый интерес среди них представляют изделия на основе гипсового вяжущего, которое обладает уникальной отечественной минерально-сырьевой базой, значительным количеством разведанных запасов и невысокой стоимостью производства. Однако в настоящее время наблюдается снижение потребления таких изделий. Этим обусловлен значительный интерес к повышению качества и объема производимых и потребляемых изделий на основе гипсового и смешанных вяжущих на его основе. Цель исследования – изучить влияние степени распушки и содержания целлюлозных волокон на структуру и свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы.

Результаты. В работе изучена роль вида армирующих волокон в формировании структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановых композитов. Показано положительное влияние целлюлозных волокон на свойства исследуемой модифицированной матрицы. Установлено, что наилучшие показатели пределов прочности при использовании целлюлозных волокон достигаются при их содержании в составе смеси в количестве 0,5-1 % от массы вяжущего и степени помола 30°ШР.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности получения листовых изделий на основе гипсового вяжущего с повышенными физико-механическими характеристиками за счет дисперсного армирования гипсоцементно-пуццолановой матрицы целлюлозными волокнами.

Ключевые слова: гипсоцементно-пуццолановое вяжущее, комплексная добавка, дисперсное армирование, целлюлозные волокна.

Введение

В настоящее время сохраняются высокие темпы строительства зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения. Для внутренней отделки вновь возводимых, а также реконструируемых зданий и сооружений применяются различные материалы и изделия, такие как фиброцементные плиты, сухие строительные смеси, гипсокартонные и гипсоволокнистые листы (ГКЛ и ГВЛ) и др. Особый интерес представляют изделия на основе гипсового вяжущего, который обладает уникальной отечественной минерально-сырьевой базой, значительным количеством разведанных запасов, невысокой стоимостью и экологичностью производства. Однако следует сказать о наметившейся тенденции к снижению потребления ГКЛ и ГВЛ. Так потребление данных изделий с 2006 г. снизилось на 43 %, что по нашему мнению связано с отсутствием на рынке строительных материалов листовых изделий на основе гипса с высокими эксплуатационными свойствами. При этом в настоящее время наблюдается рост и развитие рынка отделочных материалов, в том числе листовых.

Этим обусловлен значительный интерес к повышению качества и объема производимых и потребляемых изделий на основе гипсового вяжущего. В этой связи на первом этапе исследований изучена роль вида армирующих волокон в формировании структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановых композитов. На втором этапе выполнены экспериментальные исследования влияния целлюлозных волокон на свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы (ГЦПМ). На третьем этапе изучены особенности формирования микроструктуры дисперсно-армированной ГЦПМ.

Роль вида армирующих волокон в формировании структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановых композитов

Для устранения недостатков тонкостенных листовых изделий на основе цементных, гипсовых и смешанных вяжущих – невысокой прочности при изгибе, значительной хрупкости, высоких деформаций усадки/набухания в их состав вводятся различные армирующие материалы [1-4]. Эффективность армирования зависит как от вида армирующих волокон и их ориентировки в объеме материала [5, 6], так и от обволакивающего материала матрицы. В работе [7] показан опыт применения армирующих волокон для гипсовых строительных материалов, приведены составы и технология получения сухих смесей для самовыравнивающихся оснований полов с использованием полимерных волокон и комплекса модифицирующих добавок. В работах [8, 9] показана эффективность применения целлюлозных волокон с разной степенью распушки на эксплуатационные свойства прессованных, автоклавированных фиброцементных плит, производимых по мокрому способу.

Матрица в армированных композициях придает изделию необходимую форму, создает монолитный материал и, объединяя в одно целое многочисленные волокна, позволяет композиции воспринимать различного рода внешние нагрузки. Кроме того, матрица сама принимает участие в создании несущей способности композиции, обеспечивая передачу усилий на волокна [10].

При выборе волокон для дисперсного армирования необходимо учитывать не только технологичность, прочность, экономичность, но и долговечность, которая тесно связанная со стойкостью волокон в матрице и их адгезией к ней. Относительная прочность волокон на растяжение с уменьшением их диаметра увеличивается, поэтому для армирования применяют волокна минимальной толщины. По мнению авторов [11] наиболее эффективны волокна диаметром от 5 до 30 мкм с прочностью на растяжение в пределах 100-400 МПа.

По виду дисперсного армирования листовых изделий, согласно классификации И.И. Бернея [12], различают две основные разновидности: с рассеянным и связанным расположением волокон. При рассеянном расположении волокна находятся на таком расстоянии друг от друга, что каждое из них работает независимо. В листовых изделиях со связанным расположением волокон сцепление между ними в зонах контакта, возникающее в результате твердения вяжущего, создает условия для совместной работы волокон в таком материале. Рассеянное армирование может перейти в связанное при увеличении длины и числа волокон в единице объема.

В зависимости от ориентировки волокон материалы могут иметь несколько видов армирования. При рассеянном расположении арматуры – это объемное, направленно-объемное, плоскостное и направленно-плоскостное армирование, а при связанном расположении волокон – соответственно каркасное, направленно-каркасное, сетчатое и направленно-сетчатое. Определенная ориентировка волокон при объемном и каркасном видах армирования отсутствует. При плоскостном и сетчатом армировании волокна ориентированы в параллельных плоскостях. Если при любом из перечисленных видов армирования волокна приобретают ориентировку в каком-либо направлении, соответствующий вид армирования называется еще и направленным.

Указанные в данной классификации виды армирования не встречаются в чистом виде. Как правило, плоскостная ориентировка волокон бывает несовершенной, а направление волокон строго не выдерживается. Поэтому, рассматривая структуру дисперсно-армированного материала, можно говорить лишь о преобладании армирования того или иного вида.

Технические характеристики различных видов волокон, рассмотренных нами для дисперсного армирования гипсоцементно-пуццолановых систем, приведены в таблице.

Таблица

**Технические характеристики волокон
для дисперсного армирования гипсоцементно-пуццолановых систем**

Вид волокна	Плотность, г/см ³	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа
Полипропиленовое	0,9	400-770	3500-8000
Полиэтиленовое	0,95	700	1400-4200
Нейлоновое	1,1	770-840	4200
Акриловое	1,1	210-420	2100
Полиэфирное	1,4	730-780	8400
Асбестовое	2,6	910-3100	68000
Целлюлозное	1,2	300-500	10000
Стеклоанное	2,6	3850	75000
Углеродное	2,0	2000	245000
Карбоновое	1,63	7800	380000
Полиамидное	0,9	720	1900
Вискозное	1,2	660	5600
Базальтовое	2,6	1600-3600	100000
Волластонит	2,9	200-400	10000
Кевларовое	1,45	3600	150000
Полиакрилонитрил	1,2	900	20000

Рассматривая данные виды волокон следует отметить, что нейлоновые, полиамидные, карбоновые и кевларовые волокна обладают множеством положительных свойств, такими как упругость, износостойкость, высокая прочность и др. Однако данные виды волокон имеют высокую стоимость [13]. В этой связи их применение для дисперсного армирования ГЦПМ приведет к значительному удорожанию готовой продукции.

Акриловые и полиакрилонитриловые волокна достаточно дешевы в производстве, но имеют тенденцию к скатыванию и комкованию, что затрудняет их применение в качестве дисперсного армирующего материала в связи с невозможностью их равномерного распределения в гипсоцементной матрице.

Эффективность применения волластонита в качестве армирующего компонента доказана для цементной матрицы материала. Однако отсутствуют данные об их влиянии на структуру и свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ). При этом известно, что при контакте с водой поверхность волластонита гидролизуеться, образуя гидроксид кальция. Можно ожидать, что введение волластонита в ГЦПВ помимо микроармирующего эффекта приведет к увеличению щелочности жидкой фазы и созданию условий для формирования высокоосновных гидросульфалюминатов кальция.

Применение базальтовых и стеклянных волокон для армирования ГЦПМ ограничивается ввиду имеющихся данных [14, 15] об их малой стойкости к химической коррозии в среде гипсоцементно-пуццоланового камня. Применение асбестовых волокон в работе не исследуется не смотря на их хорошие свойства, в связи со снижением спроса на изделия, содержащие асбестовые волокна, что связано с противоречивой информацией об их канцерогенности.

Высокая удельная поверхность углеродных волокон [16] приводит к их агрегации в процессе изготовления дисперсно-армированных изделий и неравномерному распределению в объеме материала. Использование ультразвуковых диспергаторов для приготовления суспензий углеродных волокон в среде поверхностно-активных веществ позволяет в известной степени нивелировать данный недостаток. Однако при этом усложняется технология приготовления гипсоволокнистой смеси на основе диспергированных углеродных волокон.

Полипропиленовые волокна химически инертны, молекулы волокна не содержат реакционных групп. В этой связи, данные волокна не подвержены химической коррозии

[13, 17]. Данный тип волокон является гидрофобным, что положительно сказывается на водостойкости изделий, армированных полипропиленовыми волокнами. Преимущество этого волокна также в его невысокой стоимости по сравнению с аналогами. Однако данный тип волокон обладает малой огнестойкостью (начинает размягчаться при 140 °С, температура плавления 175 °С) [18].

Целлюлозное волокно является традиционно применяемым материалом для дисперсного армирования изделий на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего. Целлюлозные волокна биопозитивны, обладают высокими адгезионными, в частности цементоудерживающими, и прочностными свойствами [19]. Однако в литературных данных отсутствуют экспериментальные исследования влияния степени помола целлюлозных волокон на физико-механические свойства изделий на основе низкомарочного гипсового вяжущего с пониженным содержанием портландцемента при их модификации химическими добавками. Кроме того не изучен вид дисперсного армирования изделий, формирование которых производится с применением литьевого способа.

На основе проведенного анализа различных видов волокон, рассмотренных нами для дисперсного армирования ГЦПМ на основе низкомарочного ГЦПВ, для дальнейших исследований приняты целлюлозные волокна.

Высокие технические показатели, химическая стойкость и малая масса целлюлозных волокон обуславливает значительный интерес к исследованию их в качестве дисперсно-армирующего материала гипсоцементно-пуццолановой матрицы. К тому же, отечественная промышленность имеет высокие объемы выпуска данного вида волокон. Это определяет необходимость изучения особенностей формирования структуры и свойств гипсоцементно-пуццолановой матрицы, армированной данным видом волокон.

Материалы и методы исследований

Для приготовления гипсоцементно-пуццоланового вяжущего использовали:

- строительный гипс марки Г6БП производства ООО «Аракчинский гипс»;
- портландцемент марки ПЦ500Д0 Белгородского цементного завода;
- минеральную добавку – метаксаолин с гидравлической активностью 1238 мг/г,

выбранный из широкого спектра природных и техногенных АМД с учетом выполненных ранее исследований [20-22].

Соотношение компонентов в составе композиционного вяжущего составило – гипс:ПЦ:АМД – 76:20:4 масс.ч.

Для приготовления разработанной полифункциональной комплексной добавки [23] использовали ГП «Одолит-К» производства ООО «Сервис-Групп» (ТУ 5745-01-96326574-08); СП «Бест-ТБ» производства ООО «Инновационные Технологии», гидрофобизирующую добавку «Этилсиликат-40» производства ОАО «Химпром» (ТУ 2435-427-05763441-2004).

В качестве волокнистого материала использовали целлюлозу хвойную сульфатную небеленую марки НСК-0, производства ОАО «Соломбальский ЦБК» по СТО 00279189-2-2007, предварительно распушенную до 20, 30, 50° ШР.

На первом этапе изучено влияние степени помола и содержания целлюлозных волокон на пределы прочности при изгибе ГЦПМ на основе низкомарочного ГВ с пониженным содержанием ПЦ. Количество воды затворения подбиралось до достижения НГ гипсоцементно-волокнистой смеси. На втором этапе изучали микроструктуру гипсоцементной матрицы, армированной целлюлозными волокнами и модифицированной разработанной полифункциональной КД.

Испытания на прочность при изгибе образцов гипсоволокнистых листов производились на образцах 400×300×10 мм по методике ГОСТ Р 51829-2001 «Листы гипсоволокнистые. Технические условия».

Оптические исследования полученных образцов гипсоцементно-пуццоланового камня проводились с помощью электронного растрового сканирующего микроскопа Philips XL-30. Оптические исследования проводились с целью изучения морфологии гидратных новообразований, поверхности структуры исследуемых гипсоцементных композиций и изменений происходящих в них, а также особенностей распределения волокон в матрице.

Экспериментальные исследования влияния целлюлозных волокон на свойства гипсоцементно-пуццолановой матрицы

Как известно, при роспуске целлюлозных волокон происходит их разлом, что оказывает влияние как на физико-механические характеристики волокон, так и на свойства дисперсно-армированных изделий на их основе [6]. Прочность целлюлозных волокон характеризуется их разрывной длиной. В работе [24] установлено, что при размоле целлюлозных волокон их разрывная длина резко растет в первой стадии размола, достигает максимума при степени размола 60-70° ШР, а затем начинает снижаться. Точка перегиба достигается тогда, когда дальнейшее развитие сил связи уже не может компенсировать падение прочности за счет снижения средней длины волокна и снижения прочности самого волокна, ослабленного размолом.

В ранее выполненных исследованиях [23, 25] разработана полифункциональная комплексная добавка, принятая для модификации исследуемой матрицы для дисперсного армирования. Применение полифункциональной КД, содержащей, поликарбоксилатный эфир «Одолит-К», суперпластификатор первой группы «Бест-ТБ» и водную гомогенную смесь олигоэтоксисилоксанов «Этилсиликат-40», позволяет существенно увеличить прочностные характеристики, водостойкость и морозостойкость гипсоцементно-пуццолановой матрицы, а также снизить ее водопоглощение. В настоящей работе изучено дисперсное армирование разработанной модифицированной матрицы целлюлозными волокнами.

Результаты экспериментальных исследований влияния степени помола и содержания целлюлозных волокон на относительный предел прочности при изгибе ГЦПМ приведены на рис. 1.

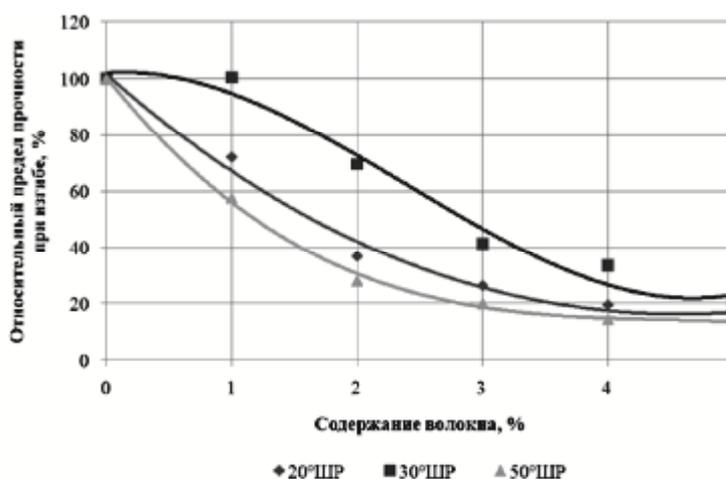


Рис. 1. Влияние степени помола и содержания целлюлозных волокон на относительный предел прочности при изгибе ГЦПМ

Зависимости влияния содержания целлюлозных волокон на относительный предел прочности при изгибе ГЦПМ при различной степени помола описываются полиномами третьей степени следующего вида:

$$R_{\text{изг}}(20^\circ\text{ШР}) = -0,0861x^3 + 4,869x^2 - 39,09x + 101,45;$$

$$R_{\text{изг}}(30^\circ\text{ШР}) = 1,7222x^3 - 12,438x^2 + 3,3587x + 102,02;$$

$$R_{\text{изг}}(50^\circ\text{ШР}) = -0,9111x^3 + 12,226x^2 - 55,729x + 100,43.$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что целлюлозные волокна с различной степенью помола оказывают существенное влияние на пределы прочности при изгибе ГЦПМ. Оптимальный коэффициент фибрового армирования гипсоцементно-пуццолановой матрицы целлюлозными волокнами по критерию достижения требуемого предела прочности при изгибе в соответствии ГОСТ Р 51829-2001 составляет 0,5-1 % от массы вяжущего. Дальнейшее увеличение содержания целлюлозных волокон в составе смеси приводит к значительному снижению показателей прочности, что, на наш взгляд, связано с увеличением водопотребности смеси, комкованием волокон и их неравномерным распределением в гипсоцементно-пуццолановой матрице. Наилучшие показатели пределов

прочности при изгибе и сжатии достигаются при помоле целлюлозных волокон до 30°ШР. Дальнейшее увеличение степени помола, согласно полученным экспериментальным данным, приводит к снижению прочностных показателей готовых изделий, что по нашему мнению обусловлено тем, что степень поврежденности целлюлозного волокна увеличивается не пропорционально росту прочности связи.

Значительный интерес при этом представляет изучение особенностей формирования микроструктуры модифицированной гипсоцементной матрицы дисперсно-армированной целлюлозными волокнами с оптимальной степенью помола.

Исследование особенностей формирования микроструктуры дисперсно-армированной ГЦПМ

Микроструктуру гипсоцементной матрицы армированной целлюлозными волокнами, модифицированных разработанной полифункциональной КД изучали с помощью растровой электронной микроскопии. Электронные снимки образцов, представлены на рис. 2-5.



Рис. 2. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 100$



Рис. 3. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 500$

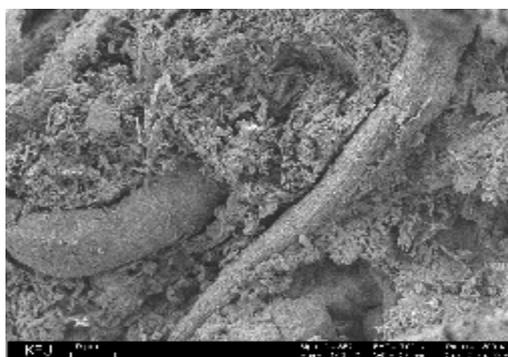


Рис. 4. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 1000$

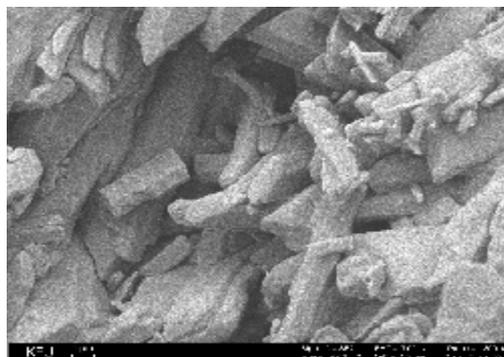


Рис. 5. Электронно-микроскопический снимок ГВЛ при увеличении $\times 5000$

Как следует из электронно-микроскопических снимков, структура ГВЛ представляет собой пряди тонких волокон целлюлозы, соединяющихся в монолит продуктами гидратации ГЦПВ. Наличие волокон целлюлозы обуславливает прочность и жесткость конгломерата, связующее предохраняет волокно от агрессивных воздействий окружающей среды, обеспечивает взаимодействие между волокнами при механических воздействиях. На рис. 2 видна общая картина структуры ГВЛ на участке излома. Структура характеризуется сравнительно однородным, хаотическим распределением целлюлозных волокон. Волокна расположены преимущественно параллельно плоскости формования этим объясняется повышенная прочность при изгибе. При увеличении $\times 5000$ (рис. 5) видны скопления бесформенных субмикроструктур, представляющих собой низкоосновные гидросульфаталюминаты кальция, отличающиеся высокой степенью аморфности.

При увеличении $\times 100$ (рис. 2) четко видны зоны контакта между армирующими волокнами, следовательно, можно однозначно сделать вывод о связанном расположении волокон. При этом при рассмотрении структуры ГВЛ, наблюдается расположение и ориентировка волокон в различных плоскостях. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии направленно-сетчатого армирования с линейно-плоскостной ориентацией и сетчатого армирования с плоскостной ориентацией. Далее рассмотрим каркасное армирование, к которому относятся рассматриваемые ГВЛ. Электронные микроскопические снимки показывают, что преобладает линейная ориентировка волокон в плоскости листа. Таким образом, по виду армирования ГВЛ преобладает направленно-каркасное армирование с линейной ориентировкой волокон в плоскости листа, что свидетельствует о равномерном распределении волокон в составе матрицы и обуславливает повышенные физико-механические характеристики готовых изделий.

Выполненные исследования показывают положительное влияние исследуемого типа волокон на структуру и свойства модифицированной ГЦПМ. Таким образом, целлюлозные волокна при правильном выборе вида, степени распушки и содержания позволяют повысить качество производимых изделий на основе гипсового вяжущего и расширить область их применения.

Выводы

1. Анализ литературных данных свидетельствует о важнейшей роли армирующих волокон в формировании структуры и свойств композиционных материалов, их правильный выбор позволяют значительно повысить физико-механические характеристики готовых изделий. Обзор опыта применения волокон, представленных в настоящее время на строительном рынке и пригодных для дисперсного армирования гипсоцементных композиций, позволил выделить целлюлозные как один из наиболее эффективных видов в качестве армирующего компонента для ГЦПМ.

2. Выполненные экспериментальные исследования позволили определить оптимальное содержание целлюлозных волокон в составе модифицированной гипсоцементно-пуццолановой матрицы. Наилучшие показатели пределов прочности при использовании целлюлозных волокон достигаются при их содержании в составе смеси в количестве 0,5-1 % от массы вяжущего и степени помола 30° ШР.

3. Микроструктура дисперсно-армированной ГЦПМ характеризуется равномерным распределением целлюлозных волокон, преобладанием направленно-каркасного армирования с линейной ориентировкой волокон в плоскости листа, что обуславливает повышенные физико-механические характеристики готовых изделий.

Список библиографических ссылок

1. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М. : АСВ, 2004. 560 с.
2. Janardhana M., Meher Prasad A., Menon D. Ductibility of Glass Fibre Reinforced Gypsum Wall Panels Subjected to Cyclic (Reversed) Loading // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 803–813.
3. Wu Y. F. Structural Behavior of Glass Fiber Reinforced Gypsum Walls // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 813–831.
4. Sreenivasa R. L., Menon D., Meher Prasad A. Design of Axially Loaded Concrete Filled Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 841–849.
5. Stroeven P., Guo Z. Distribution and Orientation of Fibers in the Perspective of the Mechanical Properties of Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 145–155.
6. Мухаметрахимов Р. Х. Фиброцементные плиты на смешанном вяжущем. Казань, 2012. 174 с.

7. Халиуллин М. И., Алтыкис М. Г., Рахимов Р. З. Эффективные сухие гипсовые смеси с добавками полимерных волокон // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 3. С. 33–37.
8. Мухаметрахимов Р. Х., Изотов В. С., Гревцев В. А. Фиброцементные плиты на основе модифицированного смешанного вяжущего // Известия КГАСУ. 2010. № 2 (14). С. 250–254.
9. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Сабитов Л. С. Цементно-волоконистый композиционный материал для фиброцементных плит // Строительные материалы. 2011. № 5. С. 20–21.
10. Мухаметрахимов, Р. Х., Изотов В. С. Модификация структуры дисперсно-армированных композиций для повышения сопротивления разрушению: сб. ст. VIII Академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции / КГАСУ. Казань, 2014. С. 220–224.
11. Брюкнер Х., Дейлер Е., Фитч Г. Изготовление и применение гипсовых строительных материалов. М.: Стройиздат, 1981. 223 с.
12. Берней И. И., Колбасов В. М. Технология асбестоцементных изделий. М.: Стройиздат, 1985. 400 с.
13. Кауфманн Д., Мансер М. Изменение прочности двухкомпонентных полимерных волокон при ползучести и в агрессивных средах // Метро и тоннели. 2015. № 4. С. 30–35.
14. Манушина А. С., Урбанов А. В., Немцев А. Д., Потапова Е. Н. Влияние волокон на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Успехи в химии и химической технологии. 2016. № 7. С. 66–68.
15. Баталин Б. С., Семкова Е. Н., Сарайкина К. А. Исследование процесса взаимодействия стекловолокна с цементным камнем // Master's Journal. 2013. № 2. С. 143–147.
16. Konsta-Gdoutos M. S., Metaxa Z. S., Shah S. P. Nanoimaging of Highly Dispersed Carbon Nanotube Reinforced Cement Based Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 125–133.
17. Cifuentes H., Medina F., Espinar M. Influence of the Geometric Properties of Polypropylene Fibers on Fracture Energy and Size Effect of Low Strength Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 161–173.
18. Изотов В. С., Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р. Влияние полипропиленовых волокон на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Вестник Технологического университета. 2015. Т. 18. № 1. С. 135–137.
19. Guadalupe Sierra Beltran M., Schlangen E. Wood and Other Natural Fibres As Reinforcement in Cementitious Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 51–63.
20. Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Influence of active mineral additives on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder for the manufacture of building products // MATEC Web of Conferences. 2017. № 106. P. 1–6.
21. Алтыкис М. Г., Халиуллин М. И., Рахимов Р. З., Морозов В. П., Бахтин А. И. Влияние добавок цеолитсодержащих пород на свойства гипсовых вяжущих // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1996. № 3. С. 56.
22. Рахимов Р. З., Халиуллин М. И., Гайфуллин А. Р. Состав и гидравлическая активность керамзитовой пыли // Цемент и его применение. 2013. № 1. С. 124–128.
23. Мухаметрахимов Р. Х., Галаутдинов А. Р., Лукманова Л. В. Влияние пластифицирующих добавок на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного и техногенного сырья // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 382–387.
24. Левшина В. В., Бывшев А. В. Формирование структурно-механических свойств бумаги // Химия растительного сырья. 1999. № 6. С. 143–148.
25. Галаутдинов А. Р., Мухаметрахимов Р. Х. Повышение водостойкости гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного гипса // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 333–343.

Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: muhametrahimov@mail.ru**Galautdinov Albert Radikovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: galautdinov89@mail.ru**Lukmanova Liliya Valievna**

engineer

E-mail: lilya0503199@gmail.com**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Structure and properties of gypsum cement-pozzolan matrix reinforced with cellulosic fibers**Abstract**

Problem statement. Different types of sheet materials and products are used for outside and interior finish of the industrial and civil buildings and structures. The products based on gypsum binder that has unique domestic mineral raw material base, appreciable quantity of discovered resources and low fabricating cost are of special interest among these sheet products. Besides, at the present time the reduction of using these products is observed. In connection with this there is considerable interest in quality improvement and quantity increase of consumable products based on gypsum and mixed gypsum binders. The research objective is studying the influence of the rate of cellulosic fiber opening and content of cellulosic fibers on the structure and properties of gypsum-cement-puzzolan matrix.

Results. The function of the type of reinforcing fibers in structure formation and properties of gypsum-cement-puzzolan compositions is studied in the article. Positive influence of cellulosic fibers on the properties of investigated modified matrix is observed. It is found that the best ultimate strength indexes while using cellulosic fibers can be achieved with its mixing ratio in amounts of 0,5-1 % by weight of binder and freeness rate of 30°SR.

Conclusions. Signification of obtained results for construction industry consists in possibility of production of the sheet materials based on gypsum binder with advanced physical and mechanical properties by means of fiber reinforcement of gypsum-cement-puzzolan matrix by cellulosic fibers.

Keywords: gypsum-cement-puzzolan binder, complex admixture, fiber reinforcement, cellulosic fibers.

References

1. Rabinovich F. N. Composites based on dispersed-reinforced concrete. Questions of theory and design, technology, constructions. M. : ASV, 2004. 560 p.
2. Janardhana M., Meher Prasad A., Menon D. Ductibility of Glass Fibre Reinforced Gypsum Wall Panels Subjected to Cyclic (Reversed) Loading // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 803–813.
3. Wu Y. F. Structural Behavior of Glass Fiber Reinforced Gypsum Walls // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 813–831.
4. Sreenivasa R. L., Menon D., Meher Prasad A. Design of Axially Loaded Concrete Filled Glass Fiber Reinforced Gypsum Wall Panels // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 2. P. 841–849.
5. Stroeven P., Guo Z. Distribution and Orientation of Fibers in the Perspective of the Mechanical Properties of Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 145–155.
6. Mukhametrakhimov R. Kh. Fiber-cement plates based on a mixed binder. Kazan, 2012. 174 p.

7. Khaliullin M. I., Altykis M. G., Rakhimov R. Z. Effective dry plaster mixes with the additives of polymeric fibres // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Stroitelstvo*. 2004. № 3. P. 33–37.
8. Mukhametrakhimov R. Kh., Izotov V. S., Grevcev V. A. Fiber-cement plates based on modified mixed binder // *Izvestiya KGASU*. 2010. № 2 (14). P. 250–254.
9. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. Kh., Sabitov L. S. Cement-fiber composite material for fiber-cement plates // *Stroitel'nye materialy*. 2011. № 5. P. 20–21.
10. Mukhametrakhimov R. Kh., Izotov V. S. Modification of the structure of dispersed-reinforced compositions for increasing fracture resistance: dig. of art. VIII academic readings of RAACS – International scientific-technical conference / KGASU. Kazan, 2014. P. 220–224.
11. Bryukner H., Dejler E., Fitch G. Manufacture and application of gypsum building materials. M. : Strojizdat, 1981. 223 p.
12. Bernej I. I., Kolbasov V. M. Technology of asbestos-cement products. M. : Strojizdat, 1985. 400 p.
13. Kaufmann D., Manser M. Change in strength of two-component polymer fibers for creep and in corrosive areas // *Metro i tonneli*. 2015. № 4. P. 30–35.
14. Manushina A. S., Urbanov A. V., Nemcev A. D., Potapova E. N. Effect of fibers on the properties of gypsum cement-pozzolan binder // *Uspekhi v himii i himicheskoi tekhnologii*. 2016. № 7. P. 66–68.
15. Batalin B. S., Semkova E. N., Sarajkina K. A. Investigation of the process of interaction of fiberglass with cement stone // *Master's Journal*. 2013. № 2. P. 143–147.
16. Konsta-Gdoutos M. S., Metaxa Z. S., Shah S. P. Nanoimaging of Highly Dispersed Carbon Nanotube Reinforced Cement Based Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 125–133.
17. Cifuentes H., Medina F., Espinar M. Influence of the Geometric Properties of Polypropylene Fibers on Fracture Energy and Size Effect of Low Strength Concrete // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 161–173.
18. Izotov V. S., Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R. Influence of polypropylene fibers on the main properties of gypsum cement-pozzolan binder // *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*. 2015. № 1. P. 135–137.
19. Guadalupe Sierra Beltran M., Schlangen E. Wood and Other Natural Fibres As Reinforcement in Cementitious Materials // 7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete. 2008. Vol. 1. P. 51–63.
20. Mukhametrakhimov R. Kh., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. Influence of active mineral additives on the basic properties of the gypsum cement-pozzolan binder for the manufacture of building products // *MATEC Web of Conferences*. 2017. № 106. P. 1–6.
21. Altykis M. G., Khaliullin M. I., Rakhimov R. Z., Morozov V. P., Bakhtin A. I. The effect of zeolite-bearing rocks on the properties of gypsum binders // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenii. Stroitelstvo*. 1996. № 3. P. 51–53.
22. Rakhimov R. Z., Khaliullin M. I., Gayfullin A. R. Structure and hydraulic activity of a claydite dust // *Cement i ego primenenie*. 2013. № 1. P. 124–128.
23. Mukhametrakhimov R. H., Galautdinov A. R., Lukmanova L. V. The effect of plasticizing additives on the main properties of a gypsum cement-pozzolan binder based on low-quality and technogenic raw materials // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 382–387.
24. Levshina V. V., Byvshev A. V. Formation of structural and mechanical properties of paper // *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 1999. № 6. P. 143–148.
25. Galautdinov A. R., Mukhametrakhimov R. Kh. Increase of water resistance of gypsum cement-pozzolan binder based on low-quality gypsum // *Izvestiya KGASU*. 2016. № 4 (38). P. 333–343.