

DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-18-26

*\*Мокрова М.В., Сардарова С.А.**Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет**\*E-mail: mokrova2017@yandex.ru*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИПСОВОГО КОМПОЗИТА ДЛЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты исследований по применению модифицирующих добавок в гипсовое вяжущее. Регулирование структуры и, следовательно, свойств гипсового камня можно осуществлять с помощью малых количеств высокоактивных добавок, способных эффективно влиять на формирование структуры гипсового камня, и, следовательно, и на его характеристики. Используя функциональные модифицирующие добавки в малых количествах, практически не влияющих на стоимость материала, и управляя с их помощью составом гипсовых вяжущих можно получать эффективные декоративно-отделочные гипсовые изделия с улучшенными характеристиками.

В работе было изучено влияние добавок поливинилацетата совместно с синтетической полипропиленовой фиброй на свойства изделий из гипсового камня. Приведено сравнение физико-механических характеристик модифицированных гипсовых композитов, выявлены преимущества при введении фибры. За счет перекрытия волокнами фибры пор и капилляров гипсового камня существенно снижается образование усадочных микротрещин, повышается трещиностойкость, увеличиваются прочностные характеристики.

Установлено, что модификация гипсового камня поливинилацетатом совместно с синтетическими волокнами способствует повышению физико-механических характеристик гипсового камня. Разработанные составы декоративно-отделочных гипсовых плиток с применением добавок поливинилацетата и полипропиленовой фибры позволяют получать гипсовые отделочные материалы изделия с улучшенными характеристиками, что демонстрирует их повышенную эффективность как современного отделочного материала и открывает широкие перспективы применения в жилищном и гражданском строительстве.

**Ключевые слова:** гипсовый камень, модификация, добавки, поливинилацетат, синтетическая фибра.

**Введение.** Гипсовые вяжущие в строительстве имеют ряд преимуществ по сравнению с другими минеральными вяжущими. Производство вяжущих из гипса характеризуется относительно низкими технологическими энергозатратами, отсюда – более низкая стоимость вяжущих из гипса по сравнению с прочими. Среди достоинств гипсовых вяжущих можно также отметить следующие: экологическая безопасность, хорошие термо- и звукоизоляционные свойства отвержденного камня, огнестойкость, простота применения, не требующая сложного оборудования и техники. Особо важным свойством гипсовых вяжущих веществ является скорость их твердения и схватывания, что объясняет высокую производительность производственных поточных линий [1, 2].

К недостаткам гипсовых материалов относятся повышенное водопоглощение, высокий коэффициент размягчения, невысокая трещиностойкость и хрупкость изделий из гипса, особенно длинномерных. При производстве изделий из гипса: декоративно-отделочных плиток, фигурных изделий, потолочной лепнины и розеток и других изделий образуется много брака.

Тенденция развития промышленности строительных материалов РФ на данный момент

направлена на расширение номенклатуры высокоэффективных строительных материалов и изделий, которые повышали бы качество комфортной среды обитания человека, а технологии их производства являлись бы малоотходными [3, 4]. Создание новых материалов было и остается основой технологического развития и разработки инновационных продуктов строительной отрасли. Они позволяют, как совершенствовать современные строительные технологии, делая их более эффективными и экономически выгодными, так и реализовывать принципиально новые, прорывные технологические решения [5].

Гипсовые материалы и изделия являются широко используемыми в строительстве, а учитывая современную тенденцию – «Эко-строительство», их востребованность растет, поскольку гипс в полной мере удовлетворяет требованиям экологии и охраны окружающей среды. Гипс в настоящее время является основным отделочным материалом жилищного домостроения, а его роль в реставрационных работах и ремонте исторических зданий трудно переоценить.

Важной и актуальной задачей в настоящее время является повышение эффективности изделий на основе гипсового вяжущего путем созда-

ния новых композитных материалов с улучшенными техническими и эксплуатационными характеристиками. Большая роль в этом направлении принадлежит микроармированию с помощью фибры (волокон). Микроармирование осуществляют различными видами фибр. В цементных растворах и бетонах наиболее часто используют металлическую фибру разной конфигурации, а также, минеральные микроволокна, полимерную фибру и реже стекловолокно.

Около одной трети перерабатываемого полимерного сырья используются для изготовления синтетических волокон [6]. Из анализа технической литературы, многочисленных исследований и полученных ранее результатов можно сделать вывод о том, что одним из способов стабилизации структуры и повышения трещиностойкости минеральных вяжущих является введение армирующих волокон [7–9]. Таким образом, перспективным направлением в строительном материаловедении является применение фибры. На сегодняшний день многие российские ученые (Пухarenко Ю.В., Пашенко А.А., Коровяков В.Ф. и др.) занимаются вопросами применения армирующих волокон в минеральных композиционных материалах, в том числе, в гипсовых, обеспечивая трехмерное упрочнение композитов. Для гипсовых изделий применение металлической фибры не желательно, поскольку есть опасность возникновения коррозии фибры в гипсовом камне. Для гипсовых материалов и изделий наиболее целесообразна полимерная фибра – легкая, гибкая, химически инертная.

Авторами [10–12] на основе экспериментальных исследований были установлены зависимости влияния основных рецептурных и технологических факторов на структурообразование гипсового камня в присутствии нано- и микроразмерных минеральных добавок и модификаторов. Рядом интересных инновационных разработок ученых в последние годы отмечен существенный вклад в науку о наноструктурировании гипсовых материалов [13–15].

Разработка современных методов проектирования состава гипсовых материалов и смесей на их основе основана на результатах фундаментальных исследований, осуществленных рядом известных российских ученых: Волженским А.В., Ферронской А.В., Гончаровым Ю.А., Коровяковым В.Ф., Бурьяновым А.Ф., Баженовым Ю.М., Петропавловской В.Б., Королевым Е.А., Яковлевым Г.И., Первушиным Г.Н., Деревянко В.Н., Чумаком А.Г., Дребезговой М.Ю., Чернышевой Н.В., и рядом других ученых.

На основании последних исследований и разработок у ученых и исследователей сложи-

лось мнение о возможности улучшении ряда технических и эксплуатационных характеристик гипсовых материалов и изделий путем микроармирования и воздействия на кристаллическую структуру микро- и наномодифицирующими добавками. О совместном применении указанных способов модификации на гипсовый камень сведений недостаточно, и они носят обрывочный характер. Систематических исследований в этом направлении очень мало.

Цель работы – улучшение эксплуатационных характеристик декоративно-отделочных изделий на основе высокопрочного гипсового вяжущего путем микроармирования полимерной фиброй в сочетании с воздействием поверхностно активной модифицирующей добавки поливинилацетата на кристаллическую структуру гипса.

**Материалы и методы.** В работе [16] проводились исследования по изучению влияния микродобавок бутадиен-стирольного латекса на свойства гипсового камня. В дальнейшем возникла необходимость выбора более дешевого и доступного материала, заменяющего синтетический бутадиен-стирольный латекс. Широко известный в строительстве поливинилацетат (эмульсия ПВА) является густой непрозрачной жидкостью белого цвета, которая имеет некоторый характерный запах, полностью исчезающий после высыхания. Благодаря своим свойствам ПВА используется во многих отраслях промышленного производства и в строительстве. Удобство при использовании ПВА состоит в том, что состав разбавляется обычной водой, при этом сохраняется характерная для ПВА высокая адгезия к целому ряду материалов. По стоимости ПВА выгодно отличается от других аналогичных синтетических продуктов. Совокупность ряда достоинств поливинилацетата делает его широко востребованным в строительных технологиях. К ним относятся и такие преимущества, как устойчивость эмульсии в условиях перепадов температур, высокая прочность сцепления с различного рода поверхностями, экологическая безопасность и др.

На рисунке 1 представлена оптическая микротография морфологии концентрированной эмульсии ПВА. Тонкодисперсная эмульсия содержит дисперсионно окрашенные сферы диаметром от 0,3 мкм до 1 мкм. Обнаружена тенденция сферических микрочастиц к микрофазовому разделению: цепочечные структуры (из сфер одной дисперсионной окраски), формируют границы вокруг химически однородных областей (иной окраски). Наиболее явно это заметно и установлено при исследовании раствора эмульсии ПВА в режиме фазового контраста (рис. б).

Наличие поверхностно активных сфер малого диаметра позволяет предположить влияние

эмульсии ПВА на формирование микрокристаллов гипса при его гидратации и осаждении из пересыщенного водного раствора.

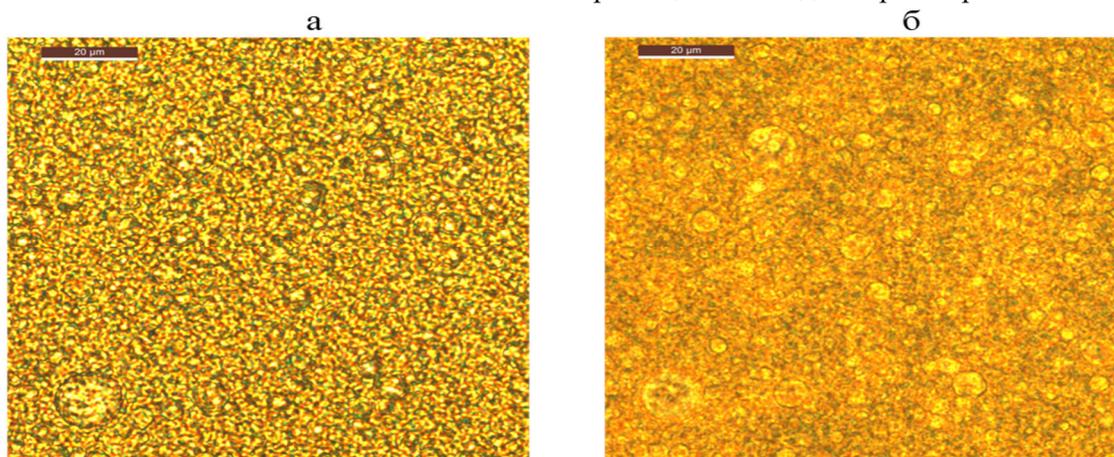


Рис. 1. Оптические микрофотографии эмульсии ПВА: а) светлое поле, б) фазовый контраст. Размер кадра: 108×108 мкм

В исследованиях были использованы следующие материалы и методы испытаний.

1. Гипсовое вяжущее Г-16, гипс скульптурный высокопрочный, нормального твердения, среднего помола, по ГОСТ 125–2018. Вяжущие гипсовые. Технические условия. Водогипсовое отношение теста нормальной густоты 0,39. Производитель – Самарский гипсовый комбинат.

2. Строительная эмульсия ПВА марки Д50Н по ГОСТ 18992–80. Дисперсия поливинилацетатная гомополимерная, грубодисперсная, низковязкая (50 – минимальное содержание сухого остатка).

3. Полипропиленовая фибра АрмМикс длиной 12 мм, толщиной 20–25 мкм.

Добавки ПВА и полипропиленовых волокон

вводили в малых количествах: 0,1–0,2 % по массе от массы гипсового вяжущего в воду затворения, тщательно перемешивали.

Для определения характеристик модифицированных гипсовых составов были использованы стандартные образцы-балочки размерами 40×40×160 мм по ГОСТ 23789-2018. Гипсовые вяжущие. Методы испытаний, изготовленные в строгом соответствии с п.7.1, 7.2 и 7.3.1.

Было исследовано влияние добавок на характеристики гипсового камня, в том числе, на прочность, среднюю плотность, водопоглощение и водостойкость.

Составы полученных образцов гипсового камня представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Физико-механические характеристики гипсовых образцов

№ п/п	Составы образцов	Плотность $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, $R_{изг}$ , МПа	Предел прочности при сжатии высушенных образцов, $R_{сж\ сух.}$ , МПа	Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов, $R_{сж\ насыщ.}$ , МПа	Водопоглощение по массе, через 4 час., $W$ , %	Коэффициент размягчения, $K_{разм.}$	Коэффициент конструктивного качества, ККК
1	Г-16, контрольный	1550	6,3	35,3	15,5	17,9	0,44	22,8
2	Г-16+0,5% ПВА	1489	6,4	32,3	14,9	16,1	0,46	21,7
3	Г-16+0,5% ПВА+0,1% ПФ	1476	8,1	37,0	17,4	15,9	0,47	25,1
4	Г-16+0,5% ПВА+0,2% ПФ	1475	7,6	38,4	18,0	16,5	0,47	26,0
5	Г-16+1,0% ПВА	1483	6,7	33,4	16,0	16,0	0,48	22,5
6	Г-16+1,0% ПВА+0,1% ПФ	1472	7,5	39,1	18,4	16,3	0,47	26,6
7	Г-16+1,0% ПВА+0,2% ПФ	1470	7,7	39,8	18,3	16,1	0,46	27,1

Исследование микроструктуры модифицированных гипсовых образцов осуществляли методом электронной растровой сканирующей микроскопии с помощью приборной установки марки *TESCAN VEGA 3SEM* (Чехия).

На рис. 2. представлены электронные фотографии микроструктуры исследованных образцов гипсового камня – исходного: а) и в) и модифицированного 2% масс. поливинилацетатом: б) и г).

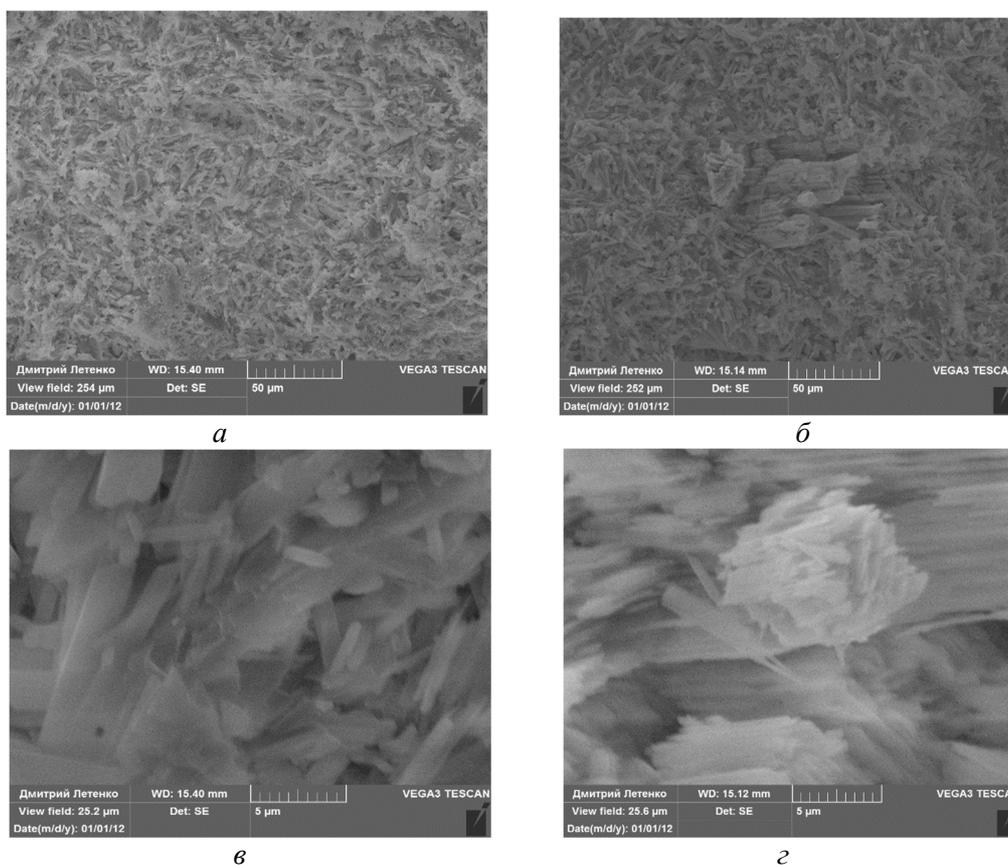


Рис. 2. Электронные фотографии микроструктуры гипсового камня:

а, в – контрольный образец, увеличение  $\times 1000$  и  $\times 10000$  крат, соответственно;

б, г – образец, модифицированный поливинилацетатом 0,2% масс., увеличение  $\times 1000$  и  $\times 10000$  крат, соответственно

**Обсуждение результатов.** Испытания высушенных до постоянной массы в сушильном шкафу при  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  стандартных гипсовых образцов-балочек проводили спустя 7 суток. Определение характеристик проводили в строгом соответствии с ГОСТ 23789-2018. Гипсовые вяжущие. Методы испытаний. Физико-механические характеристики определяли согласно п. 7.3.2, 7.3.3. и 7.4. Водопоглощение образцов определяли согласно п.10.

На основании полученных данных (табл. 1) можно установить, что модифицирующие микро-добавки повлияли на структуру и плотность гипсового камня: плотность гипсового камня снизилась во всех случаях, максимально на 5 %. При этом водопоглощение также снизилось у всех образцов с добавками (максимально на 13 %), коэффициент размягчения материала улучшился (на 3–4 %), что, возможно, указывает на гидрофобизирующий эффект добавки ПВА в гипсовом камне, либо, в данном случае, имеет место перераспределение пористости в сторону

снижения открытой пористости и увеличения количества замкнутых (закрытых) пор.

В целом, у модифицированного гипсового камня установлены прочностные характеристики, отличающие в лучшую сторону от характеристик контрольного образца. Прочность при сжатии сухих образцов с ПВА и фиброй № 3, 4 и 6, 7 увеличилась, максимально на 13 %. Прочность при изгибе выросла у всех модифицированных образцов, но в образцах с фиброй наиболее значительно, максимально на 29 %. Скорее всего, наибольший вклад в данный показатель имеет фибра. При этом количество фибры в диапазоне от 0,1 до 0,2 % масс. практически не повлияло на показатель. Прочность при сжатии водонасыщенных образцов также оказалась выше контрольного (кроме образца № 2), максимальное увеличение прочности образцов с фиброй на 17 %. Прочность при сжатии водонасыщенных образцов только с добавкой ПВА снизилась (образец № 2, на 4 %), либо осталась практически

без изменения (образец № 5). Причем, с увеличением содержания ПВА в гипсовом материале упрочняющее влияние фибры сказалось значительнее, что может предполагать синергетический эффект влияния фибры на прочность гипсового камня в присутствии ПВА.

Анализируя данные электронной микроскопии по микроструктуре исходного (контрольного) образца и образца, модифицированного поливинилацетатом, можно заметить появление в кристаллических сростках последнего не характерных для контрольного образца сферических мелкокристаллических образований и не характерной для гипса сферолитной структуры (рис. 2 б и 2 г), а также редких укрупненных пластин лепесткового типа в виде сростков микрокристаллов гипса (рис. 2 б, г). Учитывая способность дигидрата сульфата кальция наследовать кристаллический характер субстрата (подложки) при его кристаллизации из пересыщенного раствора, можно предположить гетероэпитаксиальный рост кристаллитов гипса на поверхности эмульсионных микрочастиц поливинилацетата (сферические и сферолитные кристаллические образования напоминающие по форме сферолиты, характерные для полипропилена) и гомоэпитаксию на частицах осажденного дигидрата сульфата кальция. (*Эпитаксия* – рост кристаллографически одинаково ориентированных монокристаллических слоев на кристаллические слои подложки или друг на друга; *гомозэпитаксия* – на

подложке из того же вещества, что и растущий слой; *гетероэпитаксия* – на подложке иного вещества). Это предположение подтверждает то, что в большинстве микроструктура модифицированного гипсового камня практически не меняется, либо эти изменения не значительны.

О гетероэпитаксиальном росте кристаллов гипса на поверхности полипропиленового волокна также свидетельствует рисунок 3 а и б. Поверхность полипропиленового волокна фибры покрыта мелкими кристаллами гипса, не смотря на гидрофобный характер поверхности полипропилена. Полипропилен, являясь предельным углеводородом парафинового ряда с ковалентными неполярными связями, как правило, не имеет адгезии к большинству поверхностно заряженных материалов. Вероятно, что наличие мелких кристалликов на поверхности волокна улучшает сцепление химически инертного полипропиленового волокна с гипсовым камнем. Можно заметить, что не вся поверхность волокна, а только её часть покрыта кристаллами гипса, что лишнее раз указывает на гидрофобный характер поверхности данного материала. Но даже частичное покрытие поверхности волокон микрокристаллами гипса позволяет волокнам фибры выполнять роль армирующего компонента в системе композита и повысить его прочностные характеристики.

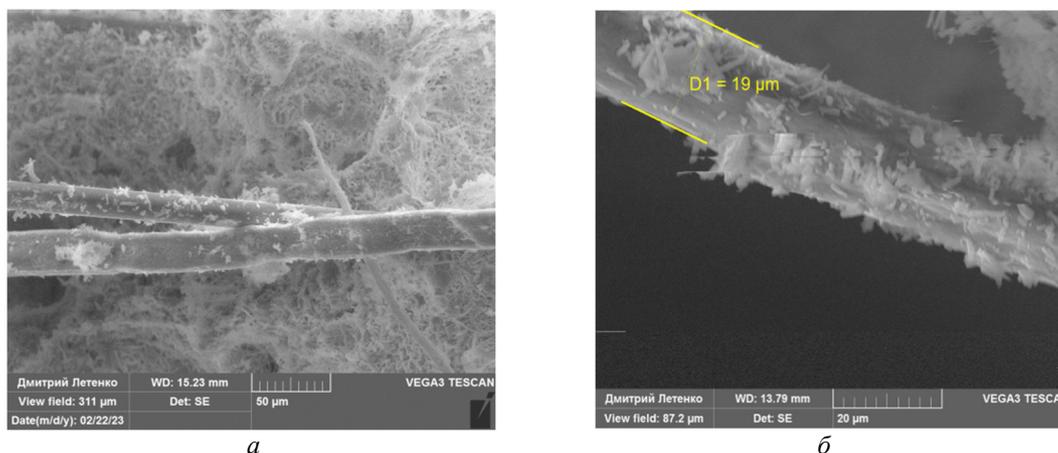


Рис. 3. Электронные микрофотографии образцов гипса, модифицированного полипропиленовой фиброй:  
 а – микроструктура гипсового камня с полипропиленовыми волокнами, увеличение  $\times 1000$  крат;  
 б – полипропиленовое волокно фибры в структуре гипса: гетероэпитаксиальный рост микрокристаллов гипса на поверхности полипропиленового волокна фибры, увеличение  $\times 2500$  крат

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлена эффективность использования микродобавок ПВА и синтетической полипропиленовой фибры на прочностные характеристики и водопоглощение модифицированных гипсовых образцов. При этом совместное использование указанных добавок оказалось более

эффективным, что позволяет судить о синергетическом эффекте при совместном использовании указанных модификаторов гипсового вяжущего.

Методом электронной микроскопии установлен эпитаксиальный рост микрокристаллов гипса на поверхности полипропилена, что очевидно повышает сцепление полипропиленовых

волокон фибры с гипсовым камнем. При этом кристаллическая микроструктура гипсового камня не меняется под воздействием волокон полипропилена, волокна выполняют исключительно армирующую функцию в гипсовом композите. Поливинилацетат, напротив, способен влиять на микроструктуру гипса, но учитывая его малое количество в данной системе (от 0,1 до 0,2 % масс.), это влияние на общую кристаллическую структуру гипсового камня сказывается не значительно.

Модификация добавками поливинилацетата и полипропиленовой фибры в количествах, не превышающих 0,2 % масс. высокопрочного гипсового вяжущего марки Г-16 практически не сказывается на стоимости декоративно-отделочных изделий (лепнины, потолочных розеток, декоративно-отделочных плиток и др.), но, в то же время, позволяет снизить водопоглощение гипсового камня на 13 %, коэффициент размягчения повысить на 4 %, также увеличить прочность при сжатии на 13–17 %, а прочность при изгибе повысить на 28 %. Следует особо подчеркнуть, что увеличение прочности при изгибе декоративно-отделочных гипсовых изделий и лепнины особенно актуально с учетом хрупкости длинномерных гипсовых изделий. За счет перекрытия волокнами фибры пор и капилляров гипсового камня вероятно снижается образование усадочных микротрещин, при этом повышается трещиностойкость гипсового камня, что, в свою очередь, приводит к увеличению прочностных характеристик. Снижение плотности гипсового камня также весьма полезно для отделочных изделий, так как снижает общий вес лепнины и отделочных плиток, что делает их монтаж более удобным. Повышение прочностных характеристик при снижении плотности гипсового камня, вероятно, происходит вследствие изменений траекторий и величины развития микротрещин под нагрузкой из-за присутствия фибры. Повышение прочности при изгибе позволяет рассчитывать на повышение качества, снижение количества трещин и брака длинномерных гипсовых декоративно-отделочных изделий и лепнины.

Важной характеристикой в строительном материаловедении является коэффициент конструктивного качества, определяемый как отношение прочности при сжатии к плотности материала (ККК). Этот параметр позволяет оценить строительный материал с точки зрения наименьших изменений напряжения в конструкции в условиях эксплуатации, минимизировать риски и повышать надежность конструкции в целом, также ККК позволяет оценить эффективность деталей конструкции. В результате предложенной

модификации ККК модифицированного гипса повысился максимально на 19 %.

Таким образом, в работе продемонстрирована возможность получения эффективных и широко востребованных строительных декоративно-отделочных изделий на основе стандартного высокопрочного гипсового вяжущего Г-16 с улучшенными прочностными показателями и сниженным водопоглощением, улучшенным коэффициентом размягчения, сниженным весом, и практически не требующая материальных затрат.

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ обучающимися СПбГАСУ по направлению «Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство» № 46С23.

**Благодарности.** Электронные микрофотографии микроструктуры образцов гипса выполнены доцентом кафедры технологии строительных материалов и метрологии СПбГАСУ Летенко Дмитрием Георгиевичем. Авторы выражают благодарность Дмитрию Георгиевичу за оказанную помощь в исследованиях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kirghizbayev A.T. The effect of carbonate fillers on the properties of anhydrite binder and gypsum stone Kirghizbayev // Механика и технологии. 2023. No. 1(79). Pp. 24–27. DOI:10.55956/NYIA5819.
2. Yakovlev G.I., Gordina A., Drochytka R. Buryanov A.F., Smirnova O. Structure and properties of modified gypsum binder // Smart and Sustainable Built Environment. 2021. Vol. 10, No. 4. Pp. 702–710. DOI: 10.1108/SASBE-04-2020-0037.
3. Иванюк Д.М., Шаталова С.В. Регулирование свойств пенобетонных изделий на основе композиционного гипсового вяжущего // Природоподобные технологии строительных композитов для защиты среды обитания человека: II Международный онлайн-конгресс, посвященный 30-летию кафедры Строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгород, 04–05 декабря 2019 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. С. 561–565.
4. Чернышова Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю., Кладиева Д.М. К вопросу применения гипсовых композиционных материалов для зеленого строительства // В сборнике: Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства Сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславо-

вича Лесовика: В 3 частях. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2016. С. 327–332.

5. Стенин А.А., Лесовик В.С. Композиционные материалы на основе природных армирующих волокон // Современные технологии деревообрабатывающей промышленности: Материалы международной научно-практической онлайн-конференции, Белгород, 15–16 февраля 2018 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 315–320.

6. Халипаева С.Ик., Мамаджанов И.Б., Урозова Д.Дж. Исследование влияния функциональных добавок на прочность гипсового камня, дисперсно-армированного синтетическим волокном // Проблемы современной науки и образования. 2019. № 10(143). С. 36–38. DOI: 10.24411/2304-2338-2019-11001.

7. Пухаренко Ю.В., Ковалева А.Ю., Сидорова А.С., Эшанзада С.М. Стабилизация структуры твердеющего высокопрочного бетона армирующими волокнами // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 5. С. 9–13. DOI 10.33622/0869-7019.2022.05.09-13.

8. Толибова В.И. Полипропиленовая фибра – эффективная армирующая добавка // Сборник материалов XVII Междунар. молодежной науч.-практ. конф. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2017. С. 123–126.

9. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Khezhev T.A., Pukharensko Y.V. Fiber concrete for industrial and civil construction // Materials Science Forum. 2019. Vol. 945 P. 120–124. DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.945.120.

10. Гусев Б.В., Гришина А.Н., Королев Е.В. Особенности структурообразования гипсового вяжущего, модифицированного гидросиликатами цинка // Промышленное и гражданское

строительство. 2020. № 2. С. 40–46. DOI:10.33622/0869-7019.2020.02.40-46.

11. Grishina A., Korolev E. Structure formation of gypsum binder with zinc hydrosilicates // E3S Web of Conferences: 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018, Moscow, 03–05 декабря 2018 года. Vol. 91. Moscow: EDP Sciences, 2019. 02016. DOI:10.1051/e3sconf/20199102016.

12. Petropavlovskaya V., Sulman M., Novichenkova T., Zavadko M., Petropavlovskii K. Gypsum Composition with a Complex Based on Industrial Waste // Chemical Engineering Transactions. 2021. Vol. 88. Pp. 1009–1014. DOI:10.3303/CET2188168.

13. Ержанова А.А., Лесова У.Е., Калшабекова Э.Н. Способы улучшения свойств композиции на основе гипсового вяжущего // Научные труды ЮКГУ им. М. Ауэзова. 2017. № 3(42). С. 42–45.

14. Alfimova N., Pirieva S., Levickaya K., Kozhukhova N., Elistratkin M. The Production of Gypsum Materials with Recycled Citrogypsum Using Semi-Dry Pressing Technology // Recycling. 2023. Vol. 8. Iss. 2. 34. DOI:10.3390/recycling8020034.

15. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. 320 с.

16. Matveeva L.Y., Mokrova M.V., Yastrebinskaya A.V., Edamenko A.S. The effect of latex and nanocarbon modifiers on the properties of high-strength gypsum // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. Pp. 266–273. DOI:10.1007/978-3-030-54652-6\_40.

#### *Информация об авторах*

**Мокрова Марина Владимировна**, старший преподаватель кафедры технологии строительных материалов и метрологии. E-mail: mokrova2017@yandex.ru. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

**Сардарова Селена Анатольевна**, студент группы СМб-3кафедры технологии строительных материалов и метрологии. E-mail: sardarovaselena@gmail.com. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

---

*Поступила 28.09.2023 г.*

© Мокрова М.В., Сардарова С.А., 2023

**\*Mokrova M.V., Sardarova S.A.**

*St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering*

*\*E-mail: mokrova2017@yandex.ru*

## INCREASING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF GYPSUM COMPOSITE FOR DECORATIVE PRODUCTS

**Abstract.** *The article discusses the results of research on the use of modifying additives in gypsum binder. Regulation of the structure and, therefore, the properties of gypsum stone can be carried out using small quantities of highly active additives that can effectively influence the formation of the structure of gypsum stone, and, consequently, its characteristics. Using functional modifying additives in small quantities, which practically do not affect the cost of the material, and using them to control the composition of gypsum binders, it is possible to obtain effective decorative and finishing gypsum products with improved characteristics.*

*The work studied the effect of polyvinyl acetate additives together with synthetic polypropylene fiber on the properties of gypsum stone products. A comparison of the physical and mechanical characteristics of modified gypsum composites is presented, and the advantages of introducing fiber are revealed. By covering the pores and capillaries of gypsum stone with fiber fibers, the formation of shrinkage microcracks is significantly reduced, crack resistance increases, and strength characteristics increase.*

*It has been established that modification of gypsum stone with polyvinyl acetate together with synthetic fibers helps to improve the physical and mechanical characteristics of gypsum stone. The developed compositions of decorative and finishing gypsum tiles using the additions of polyvinyl acetate and polypropylene fiber make it possible to obtain gypsum finishing materials products with improved characteristics, which demonstrates their increased efficiency as a modern finishing material and opens up broad prospects for use in housing and civil construction.*

**Keywords:** *gypsum stone, modification, additives, polyvinyl acetate, synthetic fiber.*

### REFERENCES

1. Kirghizbayev A.T. The effect of carbonate fillers on the properties of anhydrite binder and gypsum stone. *Construction technologies*. 2023. No. 1(79). Pp. 24–27. DOI:10.55956/NYIA5819.
2. Yakovlev G.I., Gordina A., Drochytka R. Buryanov A.F., Smirnova O. Structure and properties of modified gypsum binder. *Smart and Sustainable Built Environment*. 2021. Vol. 10, No. 4. Pp. 702–710. DOI 10.1108/SASBE-04-2020-0037.
3. Ivanyuk D.M., Shatalova S.V. Regulation of the properties of foam concrete products based on composite gypsum binder [Regulirovanie svoystv penobetonnyh izdelij na osnove kompozitsionnogo gipsovogo vyazhushchego]. II Mezhdunarodnyj onlajn-kongress, posvyashchennyj 30-letiyu kafedry Stroitel'nogo materialovedeniya, izdelij i konstrukcij. Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2019. Pp. 561–565. (rus)
4. Chernyshova N.V., Lesovik V.S., Drebezgova M.Yu., Kladieva D.M. On the use of gypsum composite materials for green construction. [K voprosu primeneniya gipsovyh kompozitsionnyh materialov dlya zelenogo stroitel'stva]. Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 70-letiyu zasluzhennogo deyatelya nauki RF, chlena-korrespondenta RAASN, doktora tekhnicheskikh nauk, professora Valeriya Stanislavovicha Lesovika v 3 chastyah. Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. Shuhova. 2016. Pp. 327–332. (rus)
5. Stenin A.A., Lesovik V.S. Composite materials based on natural reinforcing fibers [Kompozitsionnye materialy na osnove prirodnyh armiruyushchih volokon]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy onlajn-konferencii. Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. SHuhova*. 2018. Pp. 315–320. (rus)
6. Khalipaeva S.I. K., Mamadzhанov I.B., Urazova D.D. K. Investigation of the effect of functional additives on the strength of gypsum stone, dispersed-reinforced with synthetic fiber [Issledovanie vliyaniya funktsional'nyh dobavok na prochnost' gipsovogo kamnya, dispersno-armirovannogo sinteticheskimi voloknom]. *Problems of modern science and education*. 2019. No. 10(143). Pp. 36–38. (rus). DOI:10.24411/2304-2338-2019-11001.
7. Pukharenko Yu.V., Kovaleva A.Yu., Sidorova A.S., Eshanzada S.M. Stabilization of the structure of hardening high-strength concrete with reinforcing fibers [Stabilizatsiya struktury tverdeyushchego vysokoprochnogo betona armiruyushchimi voloknami]. *Industrial and civil construction*. 2022. No. 5. Pp. 9–13. (rus). DOI:10.33622/0869-7019.2022.05.09-13.
8. Tolibova V.I. Polypropylene fiber – an effective reinforcing additive [Polipropilenovaya fibra – effektivnaya armiruyushchaya dobavka]. Sbornik materialov XVII Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Novosibirskij

Centr razvitiya nauchnogo sotrudnichestv. 2017. Pp. 123–126. (rus)

9. Klyuev S.V., Klyuev A.V., Khezhev T.A., Pukhareno Y.V. Fiber concrete for industrial and civil construction. Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. Pp. 120–124. DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.945.120.

10. Gusev B.V., Grishina A.N., Korolev E.V. Features of the structure formation of gypsum binder modified with zinc hydrosilicates [Osobennosti strukturoobrazovaniya gipsovogo vyazhushchego, modifitsirovannogo gidrosilikatami cinka]. Industrial and civil construction. 2020. No. 2. Pp. 40–46. DOI:10.33622/0869-7019.2020.02.40-46.

11. Grishina A., Korolev E. Structure formation of gypsum binder with zinc hydrosilicates. E3S Web of Conferences. Civil Engineering and Environmental Economics. 2019. 02016. DOI:10.1051/e3sconf/20199102016.

12. Petropavlovskaya V., Sulman M., Novichenkova T., Zavadko M., Petropavlovskii K. Gypsum Composition with a Complex Based on Industrial Waste. Chemical Engineering Transactions.

2021. Vol. 88. Pp. 1009–1014. DOI:10.3303/CET2188168.

13. Yerzhanova A.A., Lesova U.E., Kalshabekova E.N. Ways to improve the properties of a composition based on gypsum binder. Scientific works of M. Auezov SKSU. 2017. No. 3(42). Pp. 42–45.

14. Alfimova N., Pirieva S., Levickaya K., Kozhukhova N., Elistratkin M. The Production of Gypsum Materials with Recycled Citrogypsum Using Semi-Dry Pressing Technology. Recycling. 2023. Vol. 8. Iss. 2. 34. DOI:10.3390/recycling8020034.

15. Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Drebezgova M.Yu. Water-resistant gypsum composite materials with the use of technogenic raw materials. [Vodostojkie gipsovye kompozitsionnye materialy s primeneniem tekhnogennogo syr'ya]. Belgorod: BGTU, 2015. 320 p. (rus)

16. Matveeva L.Y., Mokrova M.V., Yastrebinskaya A.V., Edamenko A.S. The effect of latex and nanocarbon modifiers on the properties of high-strength gypsum. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 95. Pp. 266–273. DOI:10.1007/978-3-030-54652-6\_40.

#### *Information about the authors*

**Mokrova, Marina V.** Senior Lecturer of the Department of Technology of Building Materials and Metrology. E-mail: mokrova2017@yandex.ru. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4.

**Sardarova, Selena A.** Student of the SM b3 group of the Department of Technology of Building Materials and Metrology. E-mail: sardarovaselena@gmail.com. St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. Russia, 190005, St. Petersburg, 2nd Krasnoarmeyskaya str., 4.

---

*Received 28.09.2023*

#### **Для цитирования:**

Мокрова М.В., Сардарова С.А. Повышение эксплуатационных характеристик гипсового композита для декоративных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. №11. С. 18–26. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-18-26

#### **For citation:**

Mokrova M.V., Sardarova S.A. Increasing the performance characteristics of gypsum composite for decorative products. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 11. Pp. 18–00. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-11-18-26