

УДК 691.263.5

ПРОЧНОСТЬ И ВОДОСТОЙКОСТЬ ГИПСОВОГО КАМНЯ С БАЙПАСНОЙ И КЕРАМЗИТОВОЙ ПЫЛЬЮ

А.С. Катульская, Л.М. Парфёнова

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: a.katulskaaya@psu.by, l.parfenova@psu.by

В работе представлены результаты исследований минеральных добавок на основе промышленных отходов для гипсового вяжущего. Рассмотрены составы с применением в качестве минеральных добавок байпасной пыли ОАО «Кричевцементношифер» и керамзитовой пыли ОАО «Завода керазитового гравия г. Новолукомль». Показано влияние добавок на микроструктуру гипсового камня. Определены показатели водопоглощения и прочностные характеристики гипсового камня в возрасте 7 суток. Установлено, что введение байпасной пыли позволяет увеличить прочность на изгиб на 37,9%, прочность на сжатие – на 33,3%. Установлено, что введение керамзитовой пыли обеспечивает снижение водопоглощения на 22,4%, прочность на изгиб и на сжатие увеличилась на 20,7 и 47,9% соответственно.

Ключевые слова: гипсовое вяжущее, гипсовый камень, байпасная пыль, керамзитовая пыль, водопоглощение, микроструктура, прочностные характеристики.

STRENGTH AND WATER RESISTANCE OF THE GYPSUM STONE WITH BYPASS AND CERAMZITE DUST

A. Katulskaaya, L. Parfenova

Polotsk state university, Belarus

e-mail: a.katulskaaya@psu.by, l.parfenova@psu.by

The paper presents the results of studies of mineral additives based on industrial waste for a gypsum binder. The compositions with the use of bypass dust as a mineral additive of OJSC «Krichevcementnoshifer» and ceramzite dust of the OJSC «Novolukoml cerasite gravel plant» as a mineral additive are considered. The effect of additives on the microstructure of gypsum stone is shown. The indicators of water absorption and strength characteristics of gypsum stone at the age of 7 days are determined. It was established that the introduction of bypass dust allows to increase the bending strength by 37.9%, the compressive strength by 33.3%. It was found that the introduction of expanded clay dust provides a decrease in water absorption by 22.4%, the flexural and compressive strength increased by 20.7 and 47.9%, respectively.

Keywords: gypsum binder, gypsum stone, bypass dust, ceramsite dust, water absorption, microstructure, strength characteristics

Введение. Рациональное использование вторичных материальных ресурсов является перспективным направлением производства строительных материалов и изделий.

Использование промышленных отходов позволяет обеспечить строительную индустрию недорогим сырьём, а также снизить степень загрязнения окружающей среды. Масштабы применения промышленных отходов для производства экологически чистых материалов значительно выросли. Строительные материалы на основе гипсовых вяжущих отвечают экологическим требованиям и обладают преимуществами по сравнению с другими материалами. Для повышения прочности и водостойкости гипсовых вяжущих принято вводить в их состав минеральные добавки на основе промышленных отходов.

Утилизация керамзитовой пыли, которая собирается в системах пылеочистки при производстве керамзитового гравия является серьёзной проблемой. За период с октября 2018 года по сентябрь 2019 года на ОАО «Заводе керамзитового гравия г. Новолукомль» образовалось 3180 тонн данного промышленного отхода. В дальнейшем керамзитовую пыль используют при производстве керамзитобетонных блоков, возвращая в производство, часть вывозят в отвалы.

На предприятии ОАО «Кричевцементношифер» одним из отходов производства является байпасная пыль. Байпасная пыль – это печная пыль из байпасной системы и системы пылеосаждения при производстве цемента.

Целью настоящих исследований является изучение возможности повышения прочности и водостойкости гипсовых вяжущих путём введения минеральных добавок: керамзитовой и байпасной пыли.

Для проведения экспериментальных исследований использовался гипс строительный «Тайфун Мастер» № 35 марки Г-5 IIIA производства ООО «Тайфун» по ГОСТ 125 [1].

Керамзитовая и байпасная пыль просеивались через механическое сито № 02. Размер частиц, подготовленных проб материалов, определялся при помощи метода лазерной дифракции на принципе рассеяния электромагнитных волн на лазерном дифрактометре гранулометрического состава вещества фирмы Fritsch (Analysette 22 Micro Tec) (Германия). Удельную поверхность определяли на приборе ПСХ-12 и NOVA2200. Действие прибора ПСХ-12 основано на измерении удельной поверхности порошковых материалов методом по воздухопроницаемости и пористости уплотненного слоя порошка и соответствующие ей среднемассовые размеры частиц. Определение удельной поверхности на приборе NOVA2200 основано на методе БЭТ и включает две стадии: оценку по изотерме адсорбции емкости монослоя и расчет удельной поверхности с использованием молекулярной площади газа.

В таблице 1 представлен фракционный состав и показатели удельной поверхности материалов.

В составе керамзитовой пыли преобладают частицы (47, 52%) размером 5–10 мкм, 10–20 мкм, удельная поверхность пыли составляет 26 м²/г. Байпасная пыль представлена более крупными частицами, размером 20–50 мкм и 50–100 мкм, их количество составляет 72,35%, удельная поверхность – 8 м²/г.

Изучение микроструктуры и химического анализа промышленных отходов и образцов гипсового камня проводилось при помощи сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV с системой химического анализа EDXJED-2201 (JEOL, Япония). Химический состав материалов представлен в таблице 2.

Таблица 1. – Фракционный состав и удельная поверхность материалов

Наименование материала	Выход фракций (мкм), %										Удельная поверхность, м ² /г
	0,05-1,0	1-2	2-3	3-4	4-5	5-10	10-20	20-50	50-100	100-200	
Керамзитовая пыль	7,91	13,94	11,43	7,23	6,35	19,35	28,17	5,58	0,04	0,00	26
Байпасная пыль	3,24	1,32	1,52	1,32	1,45	5,00	13,17	32,45	39,90	0,63	8

Таблица 2. – Химический состав материалов

Наименование материалов	Оксидный состав, %								
	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CuO	FeO	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂
Керамзитовая пыль	9,34	4,91	16,18	50,54	1,92	11,38	3,67	0,87	1,19
Байпасная пыль	70,17	-	3,16	14,26	-	5,02	3,31	4,56	-

Определение физико-механических характеристик гипсового вяжущего с добавками проводилось на стандартных образцах-балочках размером 4x4x16 см., подготовленных из теста нормальной густоты. Образцы выдерживались в нормальных условиях при температуре 20±2 °С и относительной влажностью воздуха 95±5% в течение 7 суток, после чего определялась прочность образцов-балочек, высушенных до постоянной массы, на прессе гидравлическом марки ПГМ – 500 МГ 4А в соответствии с ГОСТ 23789[2].

Для проведения исследований были приняты следующие дозировки минеральных добавок: байпасная пыль в количестве от 1% до 15% от массы гипсового вяжущего и керамзитовая пыль в количестве 1% до 15% от массы гипсового вяжущего.

Результаты исследований по определению физико-механических характеристик гипсового камня с добавкой керамзитовой пыли приведены в таблице 3.

Таблица 3. – Физико-механические свойства гипсового камня с добавкой керамзитовой пыли

Номер состава	Содержание модификатора, % от массы вяжущего вещества	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность в возрасте 7 сут, МПа (%)	
				на изгиб	на сжатие
1	0	1625	4,9	2,9 (100)	4,8 (100)
2	1	1640	6,4	3,0 (104,3)	5,7 (118,8)
3	3	1692	5,6	3,7 (127,6)	7,6 (158,3)
4	5	1674	3,8	3,5 (120,7)	7,1 (147,9)
5	7	1678	4,0	3,3 (113,8)	7,1 (147,9)
6	8	1639	4,2	2,4 (82,8)	5,8 (120,8)
7	10	1632	4,0	1,9 (65,5)	3,2 (66,7)
8	15	1598	3,6	1,8 (62,1)	2,8 (58,3)

Результаты исследований показывают, что при введении керамзитовой пыли в количестве 5% (состав 4) от массы гипсового вяжущего водопоглощение гипсового камня снизилось на 22,4% по сравнению с контрольным составом, при этом прочность на изгиб и на сжатие увеличилась соответственно на 20,7% и 47,9%. Дальнейшее увеличение дозировки керамзитовой пыли привело к снижению прочностных характеристик.

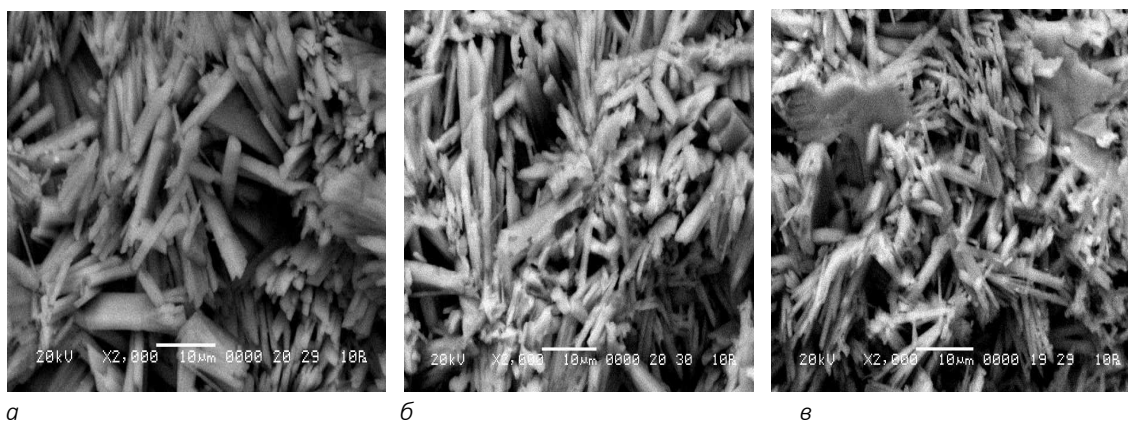
Результаты исследований по определению физико-механических характеристик гипсового камня с добавкой байпасной пыли приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Физико-механические свойства гипсового камня с добавкой байпасной пыли

Номер состава	Содержание модификатора, % от массы вяжущего вещества	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Прочность в возрасте 7 сут, МПа (%)	
				на изгиб	на сжатие
1	0	1625	4,9	2,9 (100)	4,8 (100)
2	1	1632	9,7	2,8 (96,6)	5,0 (104,2)
3	2	1641	9,9	3,0 (103,4)	5,3 (110,4)
4	3	1588	10,0	3,0 (103,4)	5,6 (116,7)
5	4	1640	11,2	3,5 (120,7)	5,5 (114,6)
6	5	1631	10,2	4,0 (137,9)	6,4 (133,3)
7	10	1597	14,6	3,4 (117,2)	6,5 (135,4)
8	15	1455	11,7	3,1 (106,9)	6,5 (135,4)

Результаты исследований показывают, что при введении байпасной пыли в количестве 5% (состав 6) от массы гипсового вяжущего снижается плотность гипсового камня, прочность на изгиб и на сжатие увеличилась на 37,9 и 33,3% соответственно.

На рис. 1 представлена микроструктура гипсового камня без добавок, с добавкой керамзитовой пыли и добавкой байпасной пыли. Микроструктура образцов гипсового камня без добавок (рис. 1, а) представлена удлиненными игольчатыми кристаллами двуводрата сульфата кальция, хаотично и неупорядоченно расположенными в матрице. Кристаллы имеют призматическую, пластинчатую форму. Структура гипсового камня характеризуется пористостью, с размером пор до 10 мкм [7].



а – гипсовый камень без добавок; **б** – гипсовый камень с добавкой байпасной пыли (5%);
в – гипсовый камень с добавкой керамзитовой пыли (5%)

Рисунок 1. – Микроструктура гипсового камня в возрасте 7 суток при увеличении 2000 крат

В присутствии добавки на основе керамзитовой пыли (рис. 1,в) кристаллы двугидрата сульфата кальция не изменили свою форму и размер по сравнению с образцами гипсового камня без добавок (рис. 1,а). Данные электронно-микроскопического анализа показывают, что в присутствии добавки на основе байпасной пыли в структуре гипсового камня появляются пластинчатые кристаллы (рис. 1,б).

Заключение. Проведённые исследования показали, что минеральная добавка байпасной пыли в количестве 5% от массы гипсового вяжущего позволяет повысить прочность на сжатие до 6,4 МПа в возрасте 7 суток. Минеральная добавка керамзитовой пыли в количестве 5% от массы гипсового вяжущего позволяет снизить водопоглощения на 22,4%, при этом происходит увеличение прочности на изгиб на 20,7% и прочности на сжатие – на 47,9%. Водопоглощение образцов с добавкой керамзитовой пыли составило 3,8%, что в 2,7 раза выше, чем у образцов с добавкой байпасной пыли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вяжущие гипсовые. Технические условия: ГОСТ 125 – 79 / Госстрой ССР. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 5 с;
2. Вяжущие гипсовые. Методы испытаний: ГОСТ 23789 – 2018 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – М.: Стандартиформ, 2018. – 16 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

1 – дополнительный экран – сведения об издании

УДК 72:624/628+69(082)

Редакционная коллегия:

Л. М. Парфенова (председатель),
А. С. Катульская (отв. секретарь), Е. Д. Лазовский,
Н. В. Давыденко, Р. М. Платонова

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ
[Электронный ресурс] : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л. М. Парфеновой. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-701-3.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

№ госрегистрации 3671815379.

ISBN 978-985-531-701-3

@Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 28–29 ноября 2019 г.)

Технический редактор *Т. А. Дарьянова*.
Компьютерная верстка *Т. А. Дарьяновой*.
Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой*.

Подписано к использованию 09.09.2020.
Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>