

DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-2-5-12

*Лесниченко Е.Н.**, аспирант,
Чернышева Н.В., доктор технических наук,
Дребезгова М.Ю., доцент,
Коваленко Е.В., аспирант,
Бочарников А.Л.,
Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, Россия

*Ответственный автор E-mail: lesnichenko.zhenia@yandex.ru

РАЗРАБОТКА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ГИПСОЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Аннотация: в статье с помощью метода математического планирования эксперимента определено влияние рецептурно-технологических факторов на свойства затвердевших многокомпонентных гипсоцементных вяжущих с минеральной добавкой тонкомолотого до удельной поверхности 300-700 м²/кг отсева дробления кварцитопесчаника (КВП) ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат», г. Губкин, Белгородской обл., Россия.

Было установлено, что, использование тонкомолотого КВП в составе гипсоцементного вяжущего при соотношении цемент/КВП – 1/2 способствует обеспечению его эксплуатационных характеристик и стабильности свойств при затвердевании на необходимом уровне, способствуя уменьшению концентрации СаО в жидкой фазе твердеющей системы.

Задачей оптимизации являлось определение условий приготовления гипсоцементной смеси с подвижностью ≤120 мм (по Сутторду) и началом сроков схватывания ≥ 6 мин., с обеспечением максимального показателя прочности при сжатии затвердевшего вяжущего. Был запланирован активный 3-х факторный эксперимент. Изучались: предел прочности при сжатии затвердевших образцов гипсоцементного вяжущего в через 2 часа твердения – $R_{сж}^2(Y_1)$; в 28 суточном возрасте – $R_{сж}^{28}(Y_2)$; а также подвижность гипсоцементной смеси – $P(Y_3)$ и сроки начала схватывания – $T(Y_4)$. С помощью математической обработки результатов экспериментальных исследований получены уравнения регрессии и с помощью номограмм, построенных на основе математических выражений, графоаналитически определены рациональные составы гипсоцементных композиций.

Ключевые слова: гипсоцементные вяжущие, тонкомолотые минеральные добавки, планирование эксперимента

Введение

Динамично развивающиеся темпы строительства в Российской Федерации и во всем мире стимулируют использование энергосберегающих технологий и производство экологически чистых и безопасных композиционных материалов, что позволит обеспечить комфортность и экологичность жилья, создать архитектурный облик зданий, вписывающийся в природный ландшафт в соответствии с местными климатическими условиями и т.п. Решение данной проблемы возможно за счет использования местных сырьевых ресурсов, в том числе техногенного происхождения, рациональное использование которых позволит производить конкурентоспособную строительную продукцию.

Главной составляющей композиционных материалов, в основном определяющей их физико-механические свойства, является вяжущее, в качестве которого чаще всего используют портландцемент и его разновидности. Согласно литературным данным, эффективным является многокомпонентное гипсоцементное вяжущее (или композиционное гипсовое вяжущее), в состав которого входит гипсовое вяжущее, портландцемент и минеральный компонент [1-20].

В настоящей работе проведены исследования, направленные на разработку составов и изучение свойств многокомпонентных гипсоцементных вяжущих с использованием в качестве минеральной добавки тонкомолотого отсева дробления кварцитопесчаника.

Методы и материалы

В исследованиях для разработки состава многокомпонентного гипсоцементного вяжущего применяли два вида гипсовых вяжущих – ГВВС-16 и Г-5, портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (ПЦ) и в качестве минеральной добавки – тонкомолотый до удельной поверхности 300-700 м²/кг отсев дробления кварцитопесчаника (КВП), ОАО «Лебединский горно-обогатительный комбинат», г. Губкин, Белгородская обл., Россия (рис. 1)

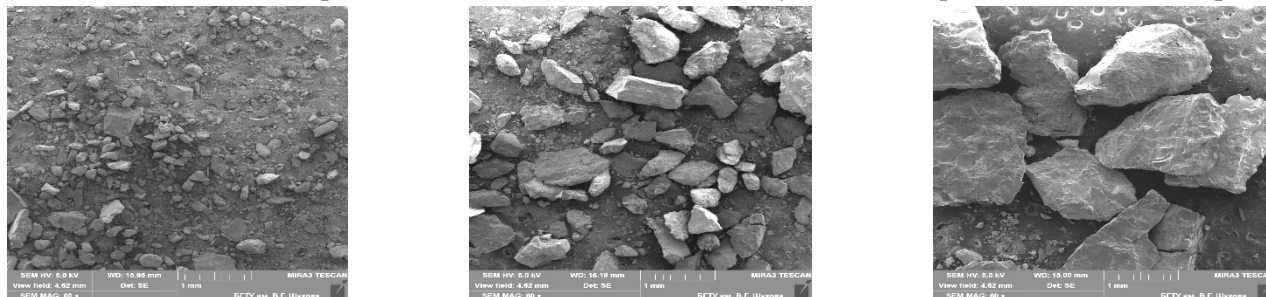


Рис. 1. Микрофотоснимки отсева дробления КВП: а) фр.0,16; б) фр.0,315; в) фр.1,25
Fig. 1. Micrographs of QSS crushing screenings: a) fr. 0.16; b) fr. 0.315; c) fr. 1.25

Выбор данного вида крупномасштабных промышленных отходов для получения обозначенных композиционных материалов обоснован его наличием в регионе, а также совместимостью с другими компонентами вяжущего, его хорошей размолоспособностью и др.

Химический состав ПЦ и КВП представлены в табл. 1, свойства гипсовых вяжущих в табл. 2.

Таблица 1

Химический состав отсева дробления кварцитопесчаника

Table 1

Chemical composition of quartzite sandstone crushing screenings

Компонент	Оксиды (масс.%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	CaOсв	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	п.п.п.
Кварцитопесчаник (КВП)	92,7	1,90	0,04	2,08	0,51	–	1,09	0,19	0,21	0,07	0,85
ЗАО «Белгородский цемент» (ПЦ)	22,49 ±0,5	4,77 ±0,3	4,40 ±0,1	–	67,22 ±1,0	0,20 ±0,05	0,43 ±0,03	0,20 ±0,05	0,21 ±0,01	1,5 ±0,5	

Истинная плотность КВП – 2680 кг/см³, насыпная плотность в неуплотненном состоянии – 1520 кг/м³, модуль крупности – 4,72. Удельная поверхность применяемого ПЦ – 320...330 м²/кг, начало схватывания цементного теста – 1 час 40 минут, конец схватывания – 4 часа 20 минут.

Таблица 2

Свойства гипсовых вяжущих

Table 2

Properties of gypsum binders

Показатели	Единицы измерения	Вяжущее		
		Г – 5 БП	ГВВС – 16	
Степень помола, максимальный остаток на сите с размером ячеек 0,2 мм	%	14	21	
Нормальная густота	–	0,48	0,38	
Сроки схватывания:	начало	6-30	11-30	
	конец	10-30	13-00	
Предел прочности при изгибе	МПа	2,5	6,3	
Предел прочности при сжатии:		5,0	16,0	
	- сухих образцов	МПа	12,2	29,8
	- насыщенном водой образцов	МПа	5,3	7,7
Коэффициент размягчения		0,34	0,47	

Испытания по определению предела прочности при сжатии производились на образцах-кубах размером 3×3×3 см в возрасте 2 часов и 28 суток после формования, по три образца в каждой партии.

Результаты и обсуждения

Для создания гипсовых композиционных материалов необходим правильный выбор вида и количества входящих в их состав компонентов. Главной составляющей, определяющей в основном физико-механические свойства данного вида гипсоцементного вяжущего, в состав которого входит гипсовое вяжущее, портландцемент и минеральный компонент, в качестве которого предлагается использовать тонкокомолотый отсев дробления кварцитопесчаника (КВП), содержащий более 90 % SiO_2 (табл. 1).

В исследованиях отсев дробления КВП предварительно помоли в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 300...700 $\text{м}^2/\text{кг}$, которую определяли на приборе ПСХ-10а.

Анализируя гранулометрический состав частиц тонкокомолотого КВП [2], определенный с помощью метода лазерной гранулометрии на установке «MicroSizer 201С, было установлено следующее (рис. 2):

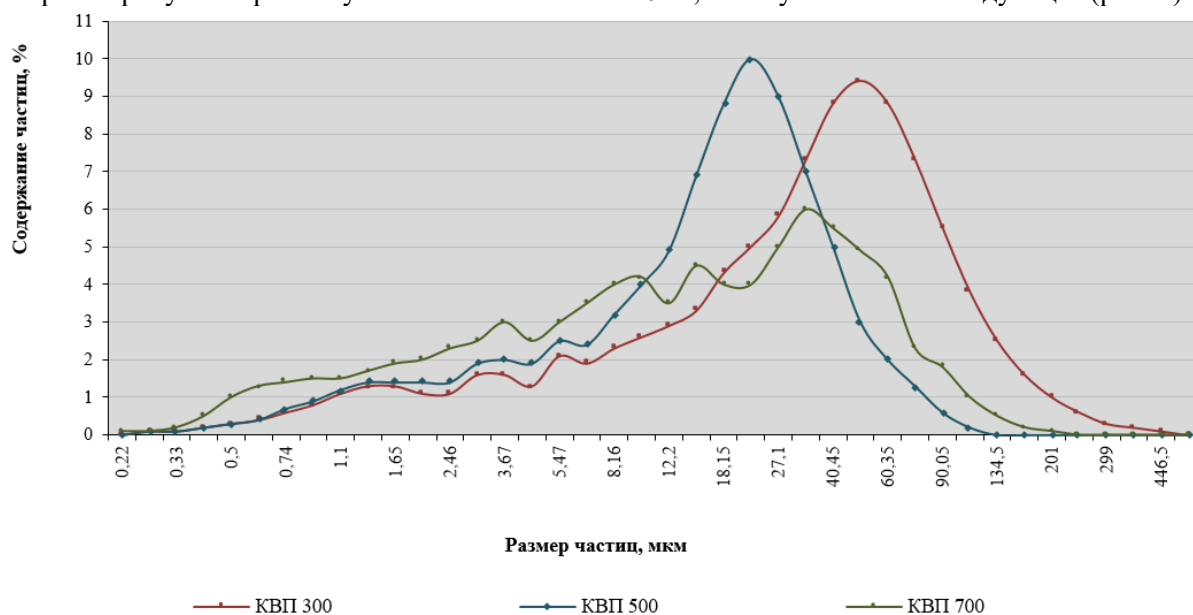


Рис. 2. Гранулометрический состав тонкокомолотого кварцитопесчаника [2]
Fig. 2. Granulometric composition of finely ground quartzite sandstone

Частицы КВП с удельной поверхностью 300 $\text{м}^2/\text{кг}$ имеют размер в интервале от 134,5 до 8,16 мкм.

С увеличением удельной поверхности до 500 $\text{м}^2/\text{кг}$ график сдвигается в сторону уменьшения размеров частиц в интервале от 90,05 до 1,65 мкм.

При помоле КВП до удельной поверхности 700 $\text{м}^2/\text{кг}$ количество частиц размером 90,05-40,45 мкм снижается в 3-1,5 раза, соответственно, с наличием четырех пиков на кривой гранулометрического состава, а частиц более тонкой фракция размером 3,67-0,5 мкм увеличивается в 2-3 раза, соответственно, по сравнению с тонкокомолотым до удельной поверхности 300 $\text{м}^2/\text{кг}$ КВП.

Для подтверждения целесообразности использования в качестве минеральной добавки тонкокомолотого до удельной поверхности 500 $\text{м}^2/\text{кг}$ КВП в составе многокомпонентного гипсоцементного вяжущего экспериментальным путем подбирали его количество (по ТУ 21-31-62-89) (табл. 3).

Установлено, что при соотношении ПЦ/КВП – 1/2 концентрация СаО снижается до требуемых пределов, то есть менее 1,1 г/л на пятые сутки (до значений 0,98-1,13 г/л) и не более 0,85 г/л на седьмые сутки (до значений 0,79-0,86 г/л).

Полученное соотношение ПЦ к КВП учитывали при подборе состава многокомпонентного гипсоцементного вяжущего, для приготовления которого первоначально в вибрационной мельнице осуществляли помол КВП с последующим домолом совместно с цементом, а затем – механоактивированную смесь смешивали с двумя видами гипсовых вяжущих – ГВВС-16 и Г-5.

Таблица 3

**Составы компонентов КГВ для определения кинетики
поглощения гидроксида кальция**

Table3

**Compositions of CGB components for determining
the kinetics of absorption of calcium hydroxide**

№	Количество материала для приготовления препаратов, г				Концентрация СаО, г/л	
	Гипсовое вяжущее	Цемент (ПЦ)	Тонкомо-лот. КВП	Вода дистил.	5 суток	7 суток
1	4	2,5	1,25	100	1,24	1,17
2	4	2,5	2,5	100	1,18	1,02
3	4	2,5	3,75	100	1,14	0,93
4	4	2,5	5	100	1,11	0,85

С помощью метода математического планирования эксперимента определяли влияние рецептурно-технологических факторов на свойства затвердевших гипсоцементных вяжущих с минеральной добавкой тонкомолотого КВП. Условия приготовления гипсоцементной смеси при постоянном водовяжущем отношении (В/Вяз = 0,42) заключались в следующем: подвижность смеси должна быть ≤ 120 мм (по Сутторду), начало сроков схватывания смеси ≥ 6 мин., с обеспечением максимальной прочности при сжатии затвердевшего гипсоцементного камня (табл. 4).

Таблица 4

Значения показателей факторов варьирования

Table 4

The values of the indicators of the factors of variation

Факторы варьирования		Уровни варьирования			Интервал варьирования
		-1	0	1	
Количество ПЦ+ КВП, % (при соотношении ПЦ:КВП– 1:2)	X ₁	30	40	50	10
Удельная поверхность КВП, м ² /кг	X ₂	300	500	700	200
Количество ГВВС-16 в составе гипсоцементного вяжущего (Г-5+ГВВС-16)	X ₃	0	50	100	15

В табл. 5 приведены матрица планирования и результаты испытаний образцов затвердевших гипсоцементных вяжущих.

Таблица 5

Матрица планирования и экспериментальные значения

Table5

Planning matrix and experimental values

№ п/п	Уровни варьирования входных параметров			Предел прочности при сжатии, МПа, через				У3 начало схватывания мин., с факт.	У3 начало схватывания мин., с расчет.	У4 распыл по Сутторду мм. факт.	У4 распыл по Сутторду мм. расчет.
	X ₁	X ₂	X ₃	У1 2час. факт.	У1 2час. расчет.	У2 28 сут. факт.	У2 28 сут. расчет.				
1	1	1	1	4,8	5	19,4	17,3	8-30	8-20	118	118
2	-1	1	1	6,6	6,3	10,2	10,3	7-10	6-10	119	119
3	1	-1	1	4,8	4,5	8,4	9,2	9-00	8-40	118	117
4	-1	-1	1	5,3	4,5	7,5	6,8	7-00	6-30	116	119
5	1	1	-1	4,7	4,5	8,7	9,2	7-30	8-40	117	118
6	-1	1	-1	4,2	5,4	8	6,9	6-30	5-30	120	116
7	1	-1	-1	5,1	5,3	7,7	7,5	7-20	7	119	119
8	-1	-1	-1	5,2	4,9	8	10	6-50	5-30	119	119
9	1	0	0	5,7	5,7	9,4	10,5	6-40	7-30	118	119

Продолжение таблицы 6
Continuation of table 6

10	-1	0	0	5,4	5,2	8,8	8,2	7-00	5-40	120	120
11	0	1	0	5,4	4,8	7,9	8,6	6-40	9	117	119
12	0	-1	0	5,0	4,3	9,6	6,2	7-10	8-10	119	121
13	0	0	1	4,5	5,4	6,8	10,3	9-00	7	119	119
14	0	0	-1	4,3	5,3	7,5	7,7	8-00	7-10	120	118
15	0	0	0	5,8	5,2	9	8	8-40	7-50	119	120

В результате статистической обработки полученных данных (табл. 5) получены уравнения регрессии влияния рецептурно- технологических факторов на предел прочности при сжатии (2 часа и 28 суток), начало сроков схватывания и подвижность гипсоцементных смесей:

$$R_{сж}^2 (Y_1) = 5,16 - 0,21X_1 + 0,03X_2 + 0,25X_3 + 0,29X_1^2 + 0,19X_2^2 - 0,61X_3^2 - 0,09X_1X_2 - 0,34X_1X_3 + 0,34X_2X_3;$$

$$R_{сж}^{28} (Y_2) = 8,03 + 1,11X_1 + 1,30X_2 + 1,24X_3 + 1,32X_1^2 + 0,97X_2^2 - 0,63X_3^2 + 1,16X_1X_2 + 1,21X_1X_3 + 1,60X_2X_3;$$

$$T (Y_3) = 7,76 + 0,45X_1 - 0,10X_2 + 0,45X_3 - 0,69X_1^2 - 0,61X_2^2 + 0,97X_3^2 - 0,02X_1X_2 + 0,23X_1X_3 - 0,02X_2X_3;$$

$$P (Y_4) = 119,91 - 0,50X_1 + 0,10X_2 - 0,60X_3 - 0,39X_1^2 - 1,39X_2^2 + 1,11X_3^2 - 0,88X_1X_2 + 0,62X_1X_3 + 0,38X_2X_3.$$

На рис. 3 представлены номограммы, иллюстрирующие влияние факторов варьирования.

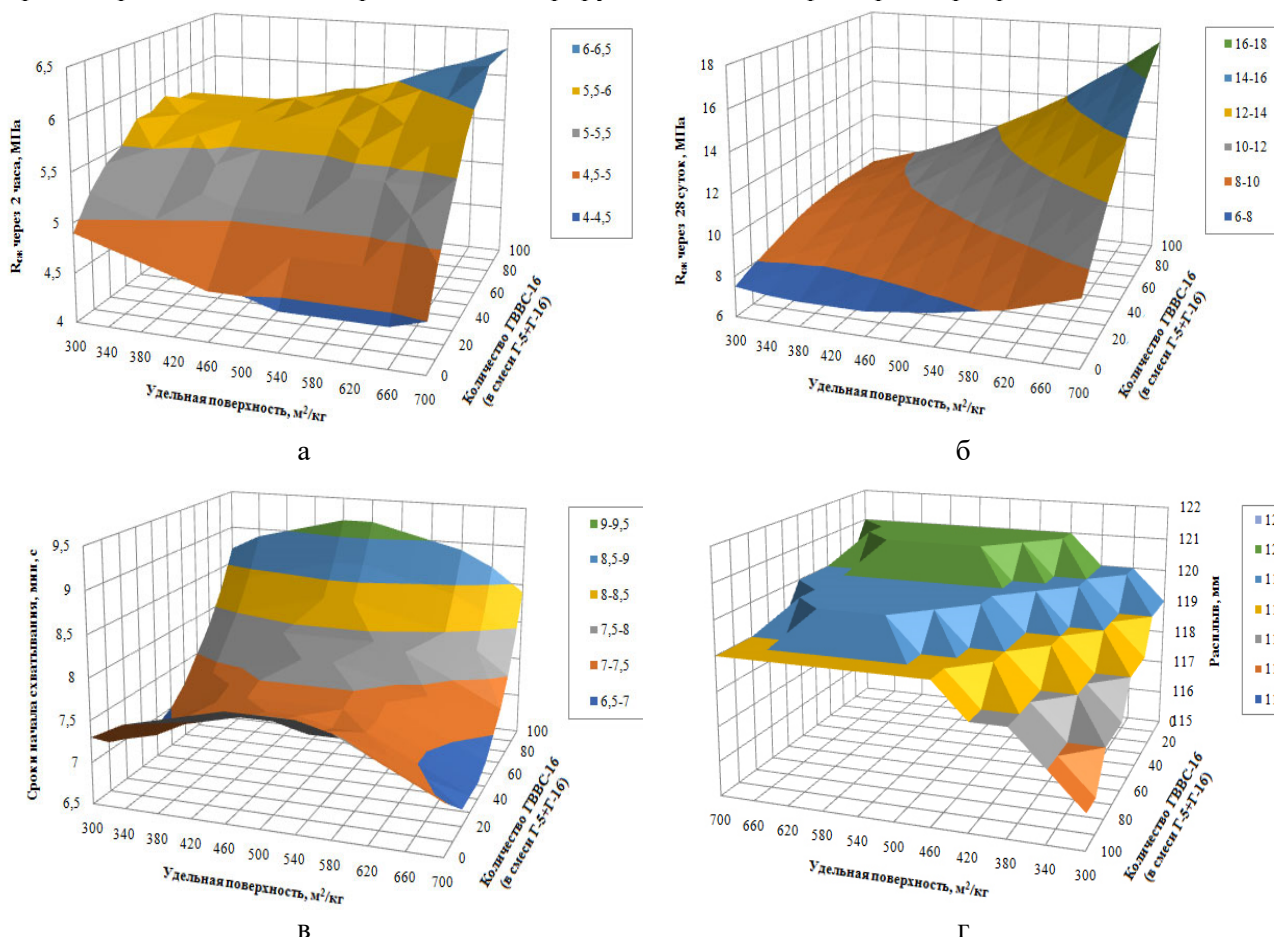


Рис. 3. Номограммы зависимостей предела прочности при сжатии через 2 часа (а) и 28 суток (б), сроков начала схватывания (в) и подвижности (г) от исследуемых факторов варьирования
Fig. 3. Nomograms of the dependences of the ultimate strength in compression after 2 hours (a) and 28 days (b), the timing of the onset of setting (c) and mobility (d) on the studied variation factors

Из анализа номограмм выявлено, что полученные результаты удовлетворяют условиям приготовления гипсоцементных смесей.

Выводы

Таким образом, анализ полученных данных показал, что введение тонкомолотого КВП в состав гипсоцементной композиции при соотношении ПЦ/КВП – 1/2 способствует обеспечению эксплуатационных характеристик и стабильности свойств затвердевшего вяжущего.

У гипсоцементных смесей, твердевших в течение 2 часов и 28 суток, значения предела прочности при сжатии составили от 4,3 до 6,6 МПа и от 7,5 до 19,4 МПа, соответственно. При этом максимальные значения установлены при содержании ПЦ+КВП – 50% (соотношение ПЦ/КВП – 1/2) с удельной поверхностью КВП – 500...700 м²/кг и ГВВС-16 – 50...100 % (рис. 3, а и 3,б).

Сроки начала схватывания гипсоцементных смесей при изменении параметров варьирования наступают от 6 мин 30 с до 8 мин 40 с (рис. 3, в), а подвижность гипсоцементных смесей (расплыв конуса по Сутторду) имеет среднее значение 118 ± 2 мм и соответствует нормальной густоте (рис. 3, г).

Благодарность

Работа выполнена в рамках Программы «Приоритет 2030» на базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

Литература

1. Коровяков В.Ф. Структура твердеющего камня из композиционного гипсового вяжущего // Сухие строительные смеси. 2015. № 5. С. 17 – 20.
2. Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Drebezgova M.Y., Motorykin D.A. Rheological properties of molding mixes on composite gypsum binders for 3d-additive technologies of low-height monolithic construction // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 160 LNCE. P. 23 – 29.
3. Murtazaiev S.A., Saidumov M.S., Lesovik V.S., Chernysheva N.V., Bataiev D.K.S. Fine-grained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation // Modern Applied Science. 2015. Т. 9. № 4. P. 233 – 245.
4. Lesovik V., Chernysheva N., Fediuk R., Amran M., Murali G., de Azevedo A.R.G. Optimization of fresh properties and durability of the green gypsum-cement paste // Building Materials. 2021. Т. 287. P. 123035.
5. Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Полянских И.С., Керене Я., Фишер Х.Б., Рахимова Н.Р., Бурьянов А.Ф. Гипсовые композиции с комплексными модификаторами структуры // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 90 – 95.
6. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige komposit bindemittel – zukunftsdesökologischen bauens* // Institut für Baustoffkunde der Bauhaus – Universität, 2015. P. 699 – 706.
7. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю., Моторыкин Д.А., Лесниченко Е.Н., Бочарников А.Л. Состав и реологические свойства формовочных смесей на композиционном гипсовом вяжущем // Строительные материалы. 2021. № 8. С. 45 – 52.
8. Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Lesnichenko E.N. Compounding features of special molding mixes for 3d printing technology // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 147. P. 250 – 257.
9. Урбанов А.В., Манушина А.С., Потапова Е.Н. Влияние модифицирующих добавок на свойства композиционного гипсового вяжущего // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. XXXI. № 3. С. 111 – 113.
10. Lesovik V., Drebezgova M., Fediuk R. Fast-curing composites based on multicomponent gypsum binders // Journal of Materials in Civil Engineering. 2020. Т. 32. № 9. P. 42 – 49.
11. Yakovlev G.I., Gordina A., Drochytka R., Buryanov A.F., Smirnova O. Structure and properties of modified gypsum binder // Smart and Sustainable Built Environment. 2020. № б/н. P. 12038 – 12049.
12. Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В., Нефедьев А.П., Худовекова Е.А., Бурьянов А.Ф., Фишер Х.-Б. Активированные наполнители для гипсовых и ангидритовых смесей // Строительные материалы. 2018. № 8. С. 14 – 17.
13. Yakovlev G., Gordina A., Khritankov V., Khozin V., Shaybadullina A., Khazeev D., Bazhenova I., Ivakina A., Saidova Z., Repin A. Gypsum composition with siltstone-based mineral modifier // Selected papers of the 13th International Conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques”. Вильнюс, 2019. P. 217 – 223
14. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Елистраткин М.Ю., Кожухова Н.И., Титенко А.А. Обзорный анализ способов получения вяжущих из гипсосодержащих отходов промышленных производств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 11. С. 8 – 23.

15. Nikulicheva T.B., Nikulin I.S., Pilyuk E.A., Voropaev V.S., Alfimova N.I., Nikulichev V.B., Saenko M.Y. Recycling and disposal of gypsum-containing waste generated in the production of citric acid // Conference on Agricultural Science and Engineering" 2021. P. 012152.
16. Chernysheva N.V., Shatalova S.V., Drebezgova M.Y., Lesnichenko E.N. Thermal insulating and constructive foamed concrete on a composite gypsum binder // Materials Science Forum. 2020. № 974 MSF. P. 125 – 130.
17. Petropavlovskaya V., Zavadko M., Novichenkova T., Petropavlovskii K., Buryanov A., Pustovgar A. Role of basalt dust in the formation of the modified gypsum structure // International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. P. 02036.
18. Chernysheva N., Lesovik V., Fediuk R., Vatin N. Improvement of performances of the gypsum-cement fiber reinforced composite (GCFRC) // Article Materials. 2020. № 13 (17). P. 38.
19. Buryanov A.F., Galtseva N.A., Morozov I.V., Buldyzhova E.N. Development of the composition of a special mixture for floors using anhydrite binders // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Т. 160 LNCE. P. 183 – 189.
20. Батова М.Д., Семёнова Ю.А., Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф., Стивенс А.Э., Бегунова Е.В. Структура и свойства гипсовых композиций с минеральными дисперсными добавками // Строительные материалы. 2021. № 10. С. 49 – 53.

References

1. Korovyakov V.F. Structure of hardening stone from composite gypsum binder. Dry building mixes. 2015. 5. P. 17 – 20. (rus.)
2. Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Drebezgova M.Y., Motorykin D.A. Rheological properties of molding mixes on composite gypsum binders for 3d-additive technologies of low-height monolithic construction. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. 160 LNCE. P. 23 – 29.
3. Murtazaiev S.A., Saidumov M.S., Lesovik V.S., Chernysheva N.V., Bataiev D.K.S. Finegrained cellular concrete creep analysis technique with consideration for carbonation. Modern Applied Science. 2015. 9 (4). P. 233 – 245.
4. Lesovik V., Chernysheva N., Fediuk R., Amran M., Murali G., de Azevedo A.R.G. Optimization of fresh properties and durability of the green gypsum-cement paste. Building Materials. 2021. 287. P. 123035.
5. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Poljanskikh I.S., Kerene Ja., Fisher H.B., Rahimova N.R., Bur'janov A.F. Gipsovye kompozicii s kompleksnymi modifikatorami struktury. Stroitel'nye materialy. 2016. 1-2. P. 90 – 95. (rus.)
6. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige komposit bindemit-tel – zukunftsökologischen bauens*. Institut für Baustoffkunde der Bauhaus – Universität, 2015. P. 699 – 706.
7. Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Drebezgova M.Ju., Motorykin D.A., Lesnichenko E.N., Bocharnikov A.L. Sostav i reologicheskie svojstva formovochnyh smesey na kompozicionnom gipsovom vjazhu-shhem. Stroitel'nye materialy. 2021. 8. P. 45 – 52. (rus.)
8. Glagolev E.S., Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Lesnichenko E.N. Compounding features of special molding mixes for 3d printing technology. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. 147. P. 250 – 257.
9. Urbanov A.V., Manushina A.S., Potapova E.N. Vlijanie modifizirujushih dobavok na svojstva kompozicionnogo gipsovogo vjazhushhego. Uspеhi v himii i himicheskoi tehnologii. 2017. XXXI (3). P. 111 – 113. (rus.)
10. Lesovik V., Drebezgova M., Fediuk R. Fast-curing composites based on multicomponent gypsum binders. Journal of Materials in Civil Engineering. 2020. 32 (9). P. 42 – 49.
11. Yakovlev G.I., Gordina A., Drochytka R., Buryanov A.F., Smirnova O. Structure and properties of modified gypsum binder. Smart and Sustainable Built Environment. 2020. b/n. P. 12038 – 12049.
12. Garkavi M.S., Artamonov A.V., Kolodezhnaya E.V., Nefediev A.P., Khudovekova E.A., Buryanov A.F., Fischer H.-B. Activated fillers for gypsum and anhydrite mixtures. Construction materials. 2018. 8. P. 14 – 17. (rus.)
13. Yakovlev G., Gordina A., Khritankov V., Khozin V., Shaybadullina A., Khazeev D., Bazhenova I., Ivakina A., Saidova Z., Repin A. Gypsum composition with siltstone-based mineral modifier. Selected papers of the 13th International Conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques”. Vil'njus, 2019. P. 217 – 223
14. Alfimova N.I., Pirieva S.Yu., Elistratkin M.Yu., Kozhukhova N.I., Titenko A.A. Overview analysis of methods for obtaining binders from gypsum-containing industrial waste. Bulletin of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2020. 11. P. 8 – 23. (rus.)
15. Nikulicheva T.B., Nikulin I.S., Pilyuk E.A., Voropaev V.S., Alfimova N.I., Nikulichev V.B., Saenko M.Y. Recycling and disposal of gypsum-containing waste generated in the production of citric acid. Conference on Agricultural Science and Engineering" 2021. P. 012152.

16. Chernysheva N.V., Shatalova S.V., Drebezgova M.Y., Lesnichenko E.N. Thermal insulating and constructive foamed concrete on a composite gypsum binder. Materials Science Forum. 2020. 974 MSF. P. 125 – 130.
17. Petropavlovskaya V., Zavadko M., Novichenkova T., Petropavlovskii K., Buryanov A., Pustovgar A. Role of basalt dust in the formation of the modified gypsum structure. International Scientific Conference on Construction the Formation of Living Environment, FORM 2019. 2019. P. 02036.
18. Chernysheva N., Lesovik V., Fediuk R., Vatin N. Improvement of performances of the gypsum cement fiber reinforced composite (GCFRC). Article Materials. 2020. 13 (17). P. 38.
19. Buryanov A.F., Galtseva N.A., Morozov I.V., Buldyzhova E.N. Development of the composition of a special mixture for floors using anhydrite binders. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. 160 LNCE. P. 183 – 189.
20. Batova M.D., Semenova Yu.A., Gordina A.F., Yakovlev G.I., Buryanov A.F., Stevens A.E., Begunova E.V. Structure and properties of gypsum compositions with mineral dispersed additives. Construction materials. 2021. № 10. P. 49 – 53. (rus.)

*Lesnichenko E.N. *, Postgraduate,
Chernysheva N.V., Doctor of Engineering
Sciences (Advanced Doctor),
Drebezgova M.Yu., Associate Professor,
Kovalenko E.V., Postgraduate,
Bocharnikov A.L.,
Belgorod State Technological University
named after V.G. Shukhov, Russia*

*Corresponding author E-mail: lesnichenko.zhenia@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A MULTICOMPONENT GYPSUM CEMENT BINDER USING THE METHOD OF MATHEMATICAL PLANNING OF THE EXPERIMENT

Abstract: in the article, using the method of mathematical planning of the experiment, the influence of formula and technological factors on the properties of hardened multicomponent gypsum-cement binders with a mineral additive finely ground to a specific surface of 300-700 m²/kg of quartz sandstone crushing screening (QSS) JSC Lebedinsky Mining and Processing Industrial Complex, Gubkin, Belgorod region, Russia was determined.

It has been established that the use of finely ground QSS as part of a gypsum cement binder with a cement/QSS– 1/2 ratio contributes to ensuring its operational characteristics and stability of properties during solidification at the required level, contributing to a decrease in the concentration of CaO in the liquid phase of the hardening system.

The optimization task was to determine the conditions for the preparation of a gypsum-cement mixture with a movement of ≤ 120 mm (according to Suttord) and the beginning of the setting time of ≥ 6 min, with the provision of the maximum compressive strength of the hardened binder. An active 3-factor experiment was planned. The following were studied: the compressive strength of hardened gypsum-cement binder samples in 2 hours of hardening – $R_{comp}^2(Y_1)$; at 28 days of age – $R_{comp}^{28}(Y_2)$; as well as the mobility of the gypsum–cement mixture – $P(Y_3)$ and the timing of the beginning of setting – $T(Y_4)$. With the help of mathematical processing of the results of experimental studies, regression equations were obtained and with the help of nomograms constructed on the basis of mathematical expressions, the rational compositions of gypsum cement compositions were graphically and analytically determined.

Keywords: gypsum cement binders, finely ground mineral additives, experiment planning

Для цитирования: Лесниченко Е.Н., Чернышева Н.В., Дребезгова М.Ю., Коваленко Е.В., Боcharников А.Л. Разработка многокомпонентного гипсоцементного вяжущего с применением метода математического планирования эксперимента // Строительные материалы и изделия. 2022. Том 5. № 2. С. 5 – 12. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-2-5-12

For citation: Lesnichenko E.N., Chernysheva N.V., Drebezgova M.Yu., Kovalenko E.V., Bocharnikov A.L. Development of a multicomponent gypsum cement binder using the method of mathematical planning of the experiment. Construction Materials and Products. 2022. 5 (2). P. 5 – 12. DOI: 10.58224/2618-7183-2022-5-2-5-12

Поступила в редакцию 25 февраля 2022 г.
Принята в доработанном виде 12 марта 2022 г.
Одобрена для публикации 8 апреля 2022 г.

Received: February 25, 2022.
Revised: March 12, 2022.
Accepted: April 8, 2022