DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-45-52

*Чернышева Н.В. *, доктор технических наук, профессор,
Шаталова С.В., аспирант,
Евсюкова А.С., магистрант,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,
Фишер Ханц-Бертрам, доктор технических наук, профессор,
Баухаус-Университет Веймар, Германия*
*Ответственный автор E-mail: kafsmik@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА КОМПОЗИЦИОННОГО ГИПСОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Аннотация: динамично развивающееся строительство в Российской Федерации вызывает необходимость расширения спектра альтернативных видов вяжущих и материалов на их основе. К таким вяжущим относится композиционное гипсовое вяжущее (КГВ), применяемое для производства материалов различного функционального назначения. Изготовление и применение композитов на основе КГВ стало возможным благодаря изучению системы портландцемент – гипс – вода, устойчивость которой обеспечивается вводом надлежащего количества активных минеральных добавок, снижающих концентрацию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в жидкой фазе твердеющей системы и создающей возможность твердения при определенных условиях без опасных внутренних напряжений. В данной работе рассматривается возможность использования в качестве активной минеральной добавки тонкомолотых отсевов дробления кварцитопесчаника и отсевов дробления бетонного лома. Разработаны рациональные составы композиционного гипсового вяжущего и изучены их основные свойства. Обоснованный выбор количества активной минеральной добавки позволяет оптимизировать свойства композиционного гипсового вяжущего.

Ключевые слова: композиционное гипсовое вяжущее, активная минеральная добавка, отсев дробления кварцитопесчаника, бетонный лом, минеральный модификатор, фазовый состав, микроструктура

Введение

На данном этапе развития строительной индустрии композиты на основе гипса прочно заняли свою нишу. Это обусловлено набором их положительных качеств. Гипсовые материалы экологичны, способствуют созданию комфортных условий в помещении в различных климатических зонах при существенном диапазоне изменения температурно-влажностных параметров за счет способности абсорбировать избыточную влагу и отдавать ее при необходимости, когда в помещении сухо. Они огнестойки, имеют относительно малую плотность, характеризуются отсутствием усадочных деформаций, быстрым набором прочности. При производстве вяжущих на основе гипса в окружающую среду не выделяется CO_2 и другие вредные компоненты [1]. Однако применение их в строительстве далеко от потенциальных возможностей. Это обусловлено отрицательными свойствами присущими данному виду вяжущего. Одним из значительных минусов вяжущих на основе гипса является низкая водостойкость и, как следствие, применение его только для зданий и сооружений с сухим режимом эксплуатации (относительная влажность воздуха не более 60%) и, в отдельных случаях, с нормальным режимом – с относительной влажностью воздуха не более 75%. [2-5].

Основными причинами низкой водостойкости гипсовых вяжущих считаются следующие:

- высокая растворимость гипса (2,04 г/л при 20°C);
- ослабление связи между кристаллами в насыщенном растворе сульфата кальция;
- адсорбция влаги внутренними поверхностями микропор, микрощелей и возникающее при этом расклинивающее действие водных пленок при нагрузках.

Множественность факторов, влияющих на водостойкость гипса, усложняет разработку технических решений по ее повышению. Анализ работ, проводимых в этом направлении, позволяет выделить основные моменты в исследованиях по совершенствованию свойств гипсовых вяжущих:

- повышение плотности изделий за счет их изготовления методом трамбования и вибропрессования из малопластичных смесей;
- наружная и объемная гидрофобизация изделий на основе гипса, обработка изделий составами, препятствующими проникновению в них влаги;
- использование химических добавок, в том числе пластифицирующих, позволяющих модернизировать свойства бетонов на основе гипсового вяжущего;

– уменьшение растворимости в воде сульфата кальция и создание условий образования нерастворимых соединений, защищающих дигидрат сульфата кальция, в сочетании гипсового вяжущего с гидравлическими компонентами [6].

Наиболее изученным является метод повышения водостойкости гипсовых вяжущих, разработанный А. В. Волженским и его сотрудниками, на основе которого были получены гипсоцементные (ГЦВ), гипсоцементно-пуццолановые (ГЦПВ), гипсошлакоцементно-пуццолановые (ГШЦПВ) и гипсоизвестковые (ГИПВ) вяжущие. Изучение систем, содержащих гипс, цемент, доменные шлаки, показало, что наилучшее влияние на водостойкость гипса и его прочность оказывают добавки, в состав которых входят доменные шлаки, кремнеземы, известь. [1].

Современным развитием теории, предложенной Волженским, являются композиционные гипсовые вяжущие (КГВ), состоящие из гипсового вяжущего, портландцемента и надлежащего количества активной минеральной добавки (АМД), а также химических модификаторов [7-15].

Материалы и методы

Выбор компонентов композиционного гипсового вяжущего осуществлялся на основе полученных результатов определения активности минеральных добавок, а также с учетом таких показателей, как подвижность, прочность и водостойкость.

В данной работе в качестве вяжущего использовали гипс Г16, тонкомолотый портландцемент ЦЕМ I 42,5Б ($S_{уд} = 490 \dots 500 \text{ м}^2/\text{кг}$). В качестве активных минеральных добавок КГВ рассматривались тонкомолотые отсева дробления кварцитопесчаника (КВП) и отсева дробления бетонного лома. Помол производился до удельной поверхности $500\text{--}520 \text{ м}^2/\text{кг}$ в вибрационной мельнице.

В целях предотвращения возможности развития гидросульфатоалюминатной коррозии систем, составляющих основу гипсоцементных композитов, а также сведения к минимуму степени образования этtringита в процессе твердения таких материалов, необходимо поддерживать концентрацию гидроксида кальция на уровне $0,85 \text{ г/л}$ [6]. Это позволит увеличить срок службы материалов на основе КГВ за счет обеспечения стабильности затвердевшего вяжущего. В нашем случае при любых рассмотренных соотношениях компонентов данное условие выполняется.

Для проведения исследований был применён метод математического планирования эксперимента. Тип эксперимента – двухфакторный, трёхуровневый. Данный вид планирования позволяет варьировать в ходе проведения исследования несколько факторов, что способствует повышению эффективности эксперимента. Отличительными особенностями составов КГВ являются количество гипса в смеси, а также количество АМД в минеральном модификаторе. Условия планирования эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Условия планирования эксперимента

Table 1

Conditions of an experiment planning

Фактор		Уровень варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	1	
Доля гипса в смеси	x_1	40%	60%	80%	20%
Доля мин. добавки в минеральном модификаторе	x_2	25%	50%	75%	25%

Результаты и обсуждение

В ходе проведения исследования была определена прочность затвердевшего композита, а также коэффициент водостойкости и подвижность смеси на КГВ.

Результаты испытаний затвердевшего КГВ с использованием в качестве АМД бетонного лома представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний КГВ с применением в качестве добавки бетонного лома

Table 2

Results of tests of KGV using concrete scrap as an additive

Точки плана	Значения варьируемых факторов		Расплав Сут-тарда, мм	R28 сут. МПа	Водостойкость, 28 сут.
	x ₁	x ₂	Y1	Y3	Y4
1	1	1	123	36,2	0,42
2	1	-1	136	34,6	0,59
3	-1	1	146	21	0,47
4	-1	-1	140	36,1	0,75
5	1	0	110	34,9	0,48
6	-1	0	128	24,6	0,70
7	0	1	120	26,5	0,46
8	0	-1	118	29,5	0,55
9	0	0	125	30,1	0,59
10	0	0	129	30,5	0,53

Опытным путем было установлено, что при диаметре расплыва гипсоцементного теста 120 мм наибольший показатель прочности имеет затвердевшее вяжущее с АМД тонкомолотого бетонного лома в количестве 25%.

Результаты испытаний затвердевшего КГВ с их использованием представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты испытаний КГВ с применением отходов дробления кварцитопесчаника

Table 3

Results of KGV tests using quartzitopeschanik crushing wastes

Точки плана	Значения варьируемых факторов		Расплав Сут-тарда, мм	R28 сут., МПа	Водостойкость, 28 сут
	x1	x2	Y1	Y3	Y4
1	1	1	168	24,5	0,35
2	1	-1	155	30,5	0,53
3	-1	1	135	25,1	0,59
4	-1	-1	138	23,8	0,89
5	1	0	163	27,8	0,6
6	-1	0	140	22,9	0,61
7	0	1	138	18	0,62
8	0	-1	134	24,6	0,48
9	0	0	142	25,2	0,56
10	0	0	130	24,7	0,68
11	0	0	135	25,3	0,73

В ходе исследования установили, что при диаметре расплыва гипсоцементного теста, близком к 120 мм наибольший показатель прочности имеет затвердевшее вяжущее с АМД тонкомолотого отсева дробления кварцитопесчаника в количестве 25% от массы вяжущего.

В результате анализа полученных данных было выявлено, что оптимальный показатель прочности и нужный диаметр расплыва теста имеют образцы КГВ с минеральной добавкой в количестве 15-25%, в связи с чем выбрали промежуточное значение содержания АМД – 20%. Следовательно, для дальнейших исследований выбираем следующее соотношение компонентов вяжущего: гипс Г-16 – 60%, портландцемент – 20%, АМД – 20%.

Полученное соотношение компонентов вяжущего было положено в основу расчета состава КГВ (% по массе): гипсовое вяжущее – 60, портландцемент – 20, тонкомолотые отсев дробления бетонного лома / отсев дробления кварцитопесчаника – 20. Активность КГВ определялась на образцах-кубах, размером 30х30х30 мм.

Таблица 4

Состав и основные свойства КГВ

Table 4

Composition and main properties of KGV

№ п/п	Состав КГВ, % по массе				В/В _{яз}	Расплав, мм	Сроки схватывания мин, с		R _{сж} , МПа, в сроки			Kp
	Г-16	ПЦ	Бет.ло м	КВП			начало	конец	2 ч	7 сут	28 сут	
1	60	20	20	-	0,42	0,180	10	11	9,1	12,6	25,7	0,59
2	60	20	-	20	0,42	0,175	13	14	6,2	11,9	20,8	0,46

Зависимость показателя прочности от времени твердения отражается графиком, представленным на рис. 1.

Рис. 1. Зависимость прочности от времени твердения композиционных гипсовых вяжущих с использованием в качестве активной минеральной добавки: 1 – бетонного лома, 2 – отсев дробления кварцитопесчаника

Fig. 1. Strength dependence on hardening time of composite gypsum binders with use as active mineral additive:
1 - concrete scrap, 2 - quartzite sandstone crushing screening

В ходе работы были изучены фазовый состав и микроструктура затвердевшего КГВ с исследуемыми активными минеральными добавками. Рентгенограммы полученных вяжущих приведены на рис. 2.

Рис. 2. Рентгенограмма: а – КГВ с применением в качестве АМД бетонного лома, б – КГВ с применением в качестве АМД отсева дробления кварцитопесчаника

Fig. 2. X-ray diffraction pattern: a - KGV using concrete scrap as AMD;
b - KGV using quartzite sandstone crushing screening as AMD

Исзуемая проба затвердевшего КГВ с тонкомолотым бетонным ломом на 28 сутки твердения содержат следующие продукты гидратации:

- двуводный сульфат кальция ($d=7,64; 4,29; 3,81; 3,071; 2,879; 2,686 \dots \text{\AA}$);
- частично закристаллизованный тоберморитоподобный гидросиликат кальция ($d=3,07; 2,79; 2,4; 2,1; 1,81 \dots \text{\AA}$);
- следы гексагонального восьмиводного гидроалюмината кальция ($d=10,1; 3,49; 2,87; 2,55 \dots \text{\AA}$);
- следы этtringита ($d=5,61; 3,88; 2,57 \dots \text{\AA}$);
- кварц ($d=3,35; 2,46; 2,22; 2,28; 2,133; 2,089 \dots \text{\AA}$).

Обнаружены линии портландита ($d=4,93; 3,18; 2,63; 1,78 \dots \text{\AA}$).

В пробе затвердевшего КГВ с тонкомолотым отсеком дробления кварцитопесчаника содержатся те же соединения, что и в вяжущем первого вида. Но почти в два раза увеличена интенсивность портландита ($d=4,93 \text{\AA}$), что свидетельствует о необходимости увеличения количества АМД или дополнительного введения микрокремнезёма (60%).

Особенности микроструктуры КГВ описываемых составов представлены на рис. 3.

Рис. 3. Микроструктура затвердевшего КГВ в возрасте 28 суток:

а) с минеральной добавкой бетонного лома; б) с минеральной добавкой кварцитопесчаника

Fig. 3. The microstructure of hardened KGV at the age of 28 days:

a) with a mineral additive of concrete scrap; б) with a mineral additive of quartzite sandstone

Анализ микроструктуры показал, что в вяжущем, которое содержит в своем составе тонкомолотый бетонный лом, образуются гидросиликаты кальция меньшего размера, чем у КГВ с отходами дробления кварцитопесчаника. Гидросиликаты практически полностью заполняют имеющиеся поры, что способствует набору прочности. На 28 суток твердения частицы гидросиликатов объединяются в непрерывную структуру, упрочняются связи между кристаллами гипса. КГВ с минеральной добавкой отсева дробления кварцитопесчаника имеет гидросиликаты кальция более крупных размеров, а также более рыхлую структуру, что способствует получению меньшего показателя прочности, чем у вяжущего с тонкомолотым бетонным ломом.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований подобран рациональный состав композиционного гипсового вяжущего и установлено, что тонкомолотый бой тяжёлого бетона можно рекомендовать в качестве активной минеральной добавки КГВ, а полученная модель может быть использована для более глубокого исследования данной системы и решения различных практических задач.

Литература

1. Коровяков В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий // Строительные материалы. М., 2008. №3. С. 65 – 67.
2. Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф. Гипсовые вяжущие повышенной водостойкости на основе промышленных отходов // Научное обозрение. М.: Издательский дом "Наука образования", 2013. №9. С. 200 – 205.
3. Задиранов А.Н., Малькова М.Ю., Нурмагомедов Т.Н., Дхар П. Перспективы применения современных технологий при переработке строительных отходов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: «Инженерные исследования». 2017. Т. 18. №2. С. 236 – 244.
4. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Савин А.В., Шадский Е.Е. Перспективы применения композиционных вяжущих при производстве железобетонных изделий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. №5 (88). С. 95 – 99.
5. Минаков С.В., Елистраткин М.Ю. К вопросу выбора компонентов композиционных вяжущих // В сборнике: Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова". Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова» (ФГБОУ ВПО «ГГНТУ»), г. Грозный. 2015. С. 365 – 370.
6. Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Шаталова С.В. Композиционное гипсовое вяжущее с многокомпонентными минеральными добавками разного генезиса // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. №10. С. 27 – 34.
7. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю., Герасимов А.В., Фишер Х.-Б. Особенности формирования структуры композиционного гипсового вяжущего с минеральными добавками разного генезиса // Междунар. науч.-практ. конф. «Наукоемкие технологии и инновации» (XXII научные чтения), Белгород, 6-7 октября 2016 г. БГТУ. Белгород, 2016. С. 457 – 471.
8. Козлов Н.В., Панченко А.И., Бурьянов А.Ф. Микроструктура гипсового вяжущего повышенной водостойкости // Строительные материалы. 2014. № 5. С. 72 – 75.
9. Гаркави М.С., Некрасова С.А., Трошкина Е.А. Кинетика формирования контактов в наномодифицированных гипсовых материалах. В сборнике: Архитектура. Строительство. Образование // ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. 2013. С. 193 – 198.
10. Gaifullin A., Rahimov R., Khaliullin M. Dependency packing density of modified gypsum binder grains from fineness and particle size distribution of components // Weimar Gypsum Conference – Weimar, 26-27. März, 2014. P. 377 – 380.
11. Sachartschenko P., Gavrisch A., Kalugina O. Qualitätserhöhung der Gipsbaustoffe und Gipserzeugnisse durch die Modifizierung der Struktur // 2. Weimar Gypsum Conference – Weimar, 26-27. März, 2014. P. 139 – 148.
12. Murtazaiev S.A.Y., 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. С. 233 – 245.
13. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige kompositbindemittel – zukunfts des ökologischen bauens* В сборнике: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL (Weimar, 16-18 сентября 2015 г.), Weimar: Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität, 2015. С. 699 – 706.
14. Коровяков В.Ф. Структура твердеющего камня из композиционных гипсовых вяжущих // Сухие строительные смеси. 2013. № 1. С. 16 – 19.
15. Lessowik W.S. Geonik. Geomimetik als grundlage für die synthese von intelligent bauverbundwerkstoffen // 19 Internationale baustofftagung IBAUSIL. 2015. С. 183 – 189.

References

1. Korovyakov V.F. Perspektivy proizvodstva i primeneniya v stroitel'stve vodostojkih gipsovyh vyazhushchih i izdelij. *Stroitel'nye materialy*. M., 2008. 3. P. 65 – 67. (rus.)
2. Kozlov N.V., Panchenko A.I., Bur'yanov A.F. Gipsovye vyazhushchie povyshennoj vodostojkosti na osnove promyshlennyh othodov. *Nauchnoe obozrenie*. M.: Izdatel'skij dom "Nauka obrazovaniya", 2013. 9. P. 200 – 205. (rus.)
3. Zadiranov A.N., Mal'kova M.YU., Nurmagomedov T.N., Dhar P. Perspektivy primeneniya sovremennyh tekhnologij pri pererabotke stroitel'nyh othodov. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: «Inzhenernye issledovaniya»*. 2017. 18 (2). P. 236 – 244. (rus.)
4. Alfimova N.I., Lesovik V.S., Savin A.V., SHadskij E.E. Perspektivy primeneniya kompozicionnyh vyazhushchih pri proizvodstve zhelezobetonnyh izdelij. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2014. 5 (88). P. 95 – 99. (rus.)
5. Minakov S.V., Elistratkin M.YU. K voprosu vybora komponentov kompozicionnyh vyazhushchih // V sbornike: *Sovremennye stroitel'nye materialy, tekhnologi i konstrukcii: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 95-letiyu FGBOU VPO "GGNTU im. akad. M.D. Millionshchikova"*. Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Groznyjskij gosudarstvennyj neftyanoy tekhnicheskij universitet imeni akademika M.D. Millionshchikova» (FGBOU VPO «GGNTU»), g. Groznyj. 2015. P. 365 – 370. (rus.)
6. Drebezgova M.YU., CHernysheva N.V., SHatalova S.V. Kompozicionnoe gipsovoe vyazhushchee s mnogokomponentnymi mineral'nymi dobavkami raznogo genezisa. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. SHuhova*. 2017. 10. P. 27 – 34. (rus.)
7. CHernysheva N.V., Lesovik V.S., Drebezgova M.YU., Gerasimov A.V., Fisher H.-B. Osobennosti formirovaniya struktury kompozicionnogo gipsovogo vyazhushchego s mineral'nymi dobavkami raznogo genezisa // *Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Naukoemkie tekhnologii i innovacii» (XHII nauchnye chteniya)*, Belgorod, 6-7 oktyabrya 2016 g. BGUTU. Belgorod, 2016. P. 457 – 471. (rus.)
8. Kozlov N.V., Panchenko A.I., Bur'yanov A.F. Mikrostruktura gipsovogo vyazhushchego povyshennoj vodostojkosti // *Stroitel'nye materialy*. 2014. 5. P. 72 – 75. (rus.)
9. Garkavi M.S., Nekrasova S.A., Troshkina E.A. Kinetika formirovaniya kontaktov v nanomodifitsirovannyh gipsovyh materialah. V sbornike: *Arhitektura. Stroitel'stvo. Obrazovanie*. FGBOU VPO Magnitogorskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet im. G.I. Nosova. 2013. P. 193 – 198. (rus.)
10. Gaifullin A., Rahimov R., Khaliullin M. Dependency packing density of modified gypsum binder grains from fineness and particle size distribution of components. *Weimar Gypsum Conference – Weimar, 26-27. März, 2014*. P. 377 – 380.
11. Sachartschenko P., Gavrisch A., Kalugina O. Qualitätserhöhung der Gipsbaustoffe und Gipserzeugnisse durch die Modifizierung der Struktur. 2. *Weimar Gypsum Conference – Weimar, 26-27. März, 2014*. P. 139 – 148.
12. Murtazaiev S.A.Y., 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. 9 (4). P. 233 – 245.
13. Tschernyschowa N.W., Lessowik W.S., Fischer H.B., Drebesgowa M.J. Gipshaltige kompositbindemittel – zukunfft des ökologischen bauens* V sbornike: 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL (Weimar, 16-18 sentyabrya 2015 g.), Weimar: Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität, 2015. P. 699 – 706.
14. Korovyakov V.F. Struktura tverdeyushchego kamnya iz kompozicionnyh gipsovyh vyazhushchih. *Suhie stroitel'nye smesi*. 2013. 1. P. 16 – 19. (rus.)
15. Lessowik W.S. Geonik. Geomimetik als grundlage für die synthese von intelligent bauverbundwerkstoffen. 19 Internationale baustofftagung IBAUSIL. 2015. P. 183 – 189.

*Chernysheva N.V. *, Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Shatalova S.V., Postgraduate,
Evsyukova A.S., Master Student,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,
Fisher Hans-Bertram, Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Bauhaus-Weimar University, Germany*
*Corresponding author E-mail: kafsmik@mail.ru

FEATURES OF THE SELECTION OF THE RATIONAL STRUCTURE OF THE COMPOSITIONAL GIPS BINDER

Abstract: the dynamically developing construction in the Russian Federation makes it necessary to expand the range of alternative types of binders and materials based on them. Such a binder is a previously developed composite gypsum binder (CGB), used for the production of materials of various functional purposes.

The manufacture and use of CGB-based composites was made possible by studying the Portland cement-gypsum-water system, the stability of which is ensured by introducing an appropriate amount of active mineral additives that reduce the concentration of Ca(OH)_2 in the liquid phase of the hardening system and create the possibility of hardening under certain conditions without dangerous internal stresses. In this paper, we consider the possibility of using composite gypsum binder for fine-milled quartzitic sandstone crushing dropout and concrete scrap crushing dropout as an active mineral additive. Rational compositions of composite gypsum binder are developed and their basic properties are studied. The reasonable choice of the amount of active mineral additive allows optimizing the properties of the composite gypsum binder.

Keywords: composite gypsum binder, active mineral additive, quartzitic sandstone crushing dropout, concrete scrap, mineral modifier, phase composition, microstructure

Для цитирования: Чернышева Н.В., Шаталова С.В., Евсюкова А.С., Фишер Ханц-Бертрам Особенности подбора рационального состава композиционного гипсового вяжущего // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №2. С. 45 – 52. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-45-52

For citation: Chernysheva N.V., Shatalova S.V., Evsyukova A.S., Fisher Hans-Bertram Features of the selection of the rational structure of the compositional gips binder. Construction Materials and Products. 2018. 1 (2). P. 45 – 52. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-2-45-52

Поступила в редакцию 19 февраля 2018 г.
Принята в доработанном виде 2 апреля 2018 г.
Одобрена для публикации 13 мая 2018 г.

Received: February 19, 2018.
Revised: April 2, 2018.
Accepted: May 13, 2018.