

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.12737/article_5b4f02ae7b9974.05993554

¹Дребезгова М.Ю., ст. препод.,¹Чернышева Н.В., д-р техн. наук, доц.,²Корбут Е.Е., канд. техн. наук, доц.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова²Белорусско-Российский университет

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРОСТОЙКОСТИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА КОМПОЗИЦИОННОМ ГИПСОВОМ ВЯЖУЩЕМ

Важной задачей промышленности строительных материалов является развитие отечественного производства эффективных строительных материалов и изделий, обеспечивающих снижение массы возводимых зданий, экологическую безопасность и комфортность жилья, снижение его стоимости и др. К таким материалам относятся гипсовые материалы и изделия, в частности керамзитобетоны на основе композиционных гипсовых вяжущих. Но, к сожалению, в настоящее время данный вид бетонов имеет ограниченное применение в строительстве, не соответствующее их потенциальным возможностям. Одной из причин такого положения является недостаточность проведенных исследований по определению эксплуатационных характеристик гипсобетонов. В данной статье авторами приводятся результаты исследования атмосферостойкости образцов керамзитобетона на основе композиционных гипсовых вяжущих с многокомпонентной тонкодисперсной минеральной добавкой, включающей отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (отходы ММС), нанодисперсный порошок кремнезема (НДП), мел и суперпластификатор SikaPlast 2135.

Ключевые слова: керамзитобетон, композиционное гипсовое вяжущее, фазовый состав.

Введение. По мнению многих исследователей [1–10], долговечность ограждающих конструкций зависит от условий их эксплуатации, а также влажностного состояния и свойств материала, из которого они созданы. Считается, что в результате чередующихся атмосферных воздействий (увлажнения, высушивания, замораживания и оттаивания) структура бетона рыхляется, возрастает трещинообразование, снижается стойкость к агрессивным воздействиям.

Методология. Атмосферостойкость образцов керамзитобетона размером 10×10×10 см, находящихся на открытом стенде и подвергающихся атмосферным воздействиям, определяли по изменению показателей предела прочности при сжатии.

Основная часть. Решающим фактором в обеспечении атмосферостойкости бетонов является их прочность и способность структуры материала воспринимать без разрушения знакопеременные деформации. Результаты исследования стойкости образцов из керамзитобетона на КГВ при их твердении в атмосферных условиях могут дать определенную оценку их долговечности.

Для определения средней плотности и требуемой прочности керамзитобетона из бетонной смеси изготавливали образцы-кубы размером 10×10×10 см. Пользуясь существующими методиками по подбору состава керамзитобетона, исходя из заданной средней плотности бетона и его структуры, был рассчитан расход КГВ, воды (для

требуемой жесткости или подвижности), заполнителей (крупного и мелкого).

В исследованиях применяли КГВ, включающее: гипсовое вяжущие – β-модификации Г-5БП (Г-5) и α-модификации ГВВС-16 (Г-16), портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (ПЦ), многокомпонентные тонкодисперсные минеральные добавки (отходы ММС, нанодисперсный порошок кремнезема (НДП) и мел) и суперпластификатор SikaPlast 2135. Состав КГВ (% по массе): гипсовое вяжущее – 68,05, портландцемент – 15, тонкомолотые отходы ММС – 15, НДП кремнезема – 0,45, мел – 1,5.

При приготовлении бетонных смесей с водой затвердения вводили 0,3 % суперпластификатора SikaPlast 2135 (от массы КГВ). В качестве заполнителя применяли керамзитовый гравий с маркой по прочности П125, по насыпной плотности 500, средней насыпной плотностью 460 кг/м³, наибольшей крупностью 20 мм.

По результатам испытаний шести образцов-кубов с ребром 10 см, твердевших в атмосферных условиях в течение 4 лет, проводили оценку предела прочности при сжатии и структуры керамзитобетона.

Составы и показатели физико-механических свойств керамзитобетона приведены в табл. 1.

Натурные наблюдения и лабораторные исследования подтвердили достаточно высокую долговечность образцов керамзитобетона на КГВ

при длительном атмосферном воздействии. Исследованиями установлено, что у образцов, находящихся на открытом стенде 4 года, наблюдается прирост прочности на 18 % (с 11 до 13 МПа) с высокими показателями водостойкости 0,9 и морозостойкости F70, что согласуется с результатами исследований других авторов [2].

Высокие показатели физико-механических свойств образцов керамзитобетона свидетельствуют о стабильности сформировавшейся структуры, что подтверждается поэлементным химическим анализом (табл. 2), электронной микроскопией (рис. 1), проведенными на растровом электронном микроскопе TeSCANMIRA 3, и результатами РФА (рис. 2).

Таблица 1

Показатели свойств керамзитобетона на КГВ

Класс бетона	Расход материалов, кг /м ³				В/В	ОК, см	$\rho_{\text{ср}}$, кг/м ³ , в сроки		$R_{\text{сж}}$, МПа в сроки		Кр	F, циклы
	КГВ	керамзит	вода	СП, % от массы КГВ			28 суток	4.5 года	28 суток	4 года		
B7,5	420	555	290	0,3	0,7	4-6	1135	1175	11	13	09	70

Таблица 2

Состав продуктов гидратации в точках микрозондирования

Название спектра	Содержание элементов, масс %, в точках микрозондирования										
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Ti	Fe
Спект 1	6.52	50.94				41.85			0.68		
Спект 2	6.30	40.02		1.17	6.79	13.65	1.43	1.20	4.95	0.72	23.74
Спект 3	6.85	32.65			0.33	2.56	0.92		4.25		52.44
Спект 4	6.20	53.76			0.28	0.86	16.34		22.22		0.35
Спект 5	4.07	52.38					18.05		25.49		
Спект 6	5.54	62.10					14.67		17.69		
Спект 7	5.25	47.45	0.42	1.36	9.47	24.12	0.22	2.14	2.23	0.46	6.87
Спект 8	9.39	51.86				2.41	13.77		22.57		
Спект 9	7.93	50.58		0.82	5.86	15.75	1.83	0.87	7.95	0.71	7.70
Спект 10	12.23	50.30	0.22	0.19	1.91	5.02	0.48	0.35	28.51		0.78
Спект 11	5.73	52.91	0.30	0.77	7.03	25.09	0.91	1.00	3.36	0.23	2.66
Спектр 12	4.38	54.85	0.23	0.45	4.51	32.69		0.94	0.54		1.41
Спектр 13	7.96	53.02	0.20	0.59	3.69	10.06	1.86	0.67	19.88		2.06
Спектр 14	11.25	54.57	0.24		1.33	4.75	0.74	0.32	26.40		0.40
Спектр 15	8.76	51.50	0.46	0.88	9.30	20.09		1.80	2.42		4.79
Спектр 16	12.50	50.71	0.22	0.35	2.73	5.13	0.18	0.42	26.64		1.13
Спектр 17	6.74	58.80				32.74	0.45		0.87		0.40
Спектр 18	6.73	40.84		0.89	4.40	9.93	0.38	0.40	1.38		35.06
Спектр 19	6.91	50.58	0.44	1.16	9.54	18.78	1.42	1.77	4.19	0.23	4.98
Спектр 20	6.84	49.03	0.35	0.99	6.53	17.43	1.08	1.15	11.38	0.33	4.89
Спектр 21	10.74	51.10	0.43	0.88	7.63	20.57	0.21	1.41	2.72	0.30	3.99
Спектр 22	16.95	52.36	0.19	0.17	1.75	3.80	0.28	0.33	23.41		0.76
Спектр 23	9.47	52.91	0.42	1.27	9.68	16.70	0.21	1.54	2.15	0.78	4.85
Спектр 25	10.82	55.47		0.18	0.34	12.25	4.11		16.22		0.62
Спектр 26	5.46	56.28				0.26	16.87		21.12		
Спектр 27	4.40	52.38				0.20	18.81		24.21		
Спектр 28	7.14	52.63		0.52	2.69	32.45		0.44	1.57		2.56
Спектр 29	3.31	48.19		1.64	11.45	25.63		2.94	1.19		5.65
Спектр 30	10.57	48.88				7.74	12.43		20.37		
Спектр 32	14.53	56.02				6.79	3.66		19.00		

Было установлено, что исследуемый образец характеризуется мелкокристаллической структурой новообразований разной морфологии и размеров, которые, судя по данным микроанализа, предположительно относятся к двуводному

гипсу (спектр 27), к гидросиликатам кальция, гидроалюмосиликатам и гидроалюмоферритам кальция (спектры 28, 29), с упрочненными связями между кристаллами (табл. 2, рис. 1-г).

Наблюдаются участки с более плотной структурой и отдельные блоки из прямых параллельных слоев.

На поверхности зерна заполнителя (керамзита) наблюдается слой продуктов гидратации КГВ, что характеризует хорошее сцепление с ним затвердевшей матрицы (рис. 1-б).

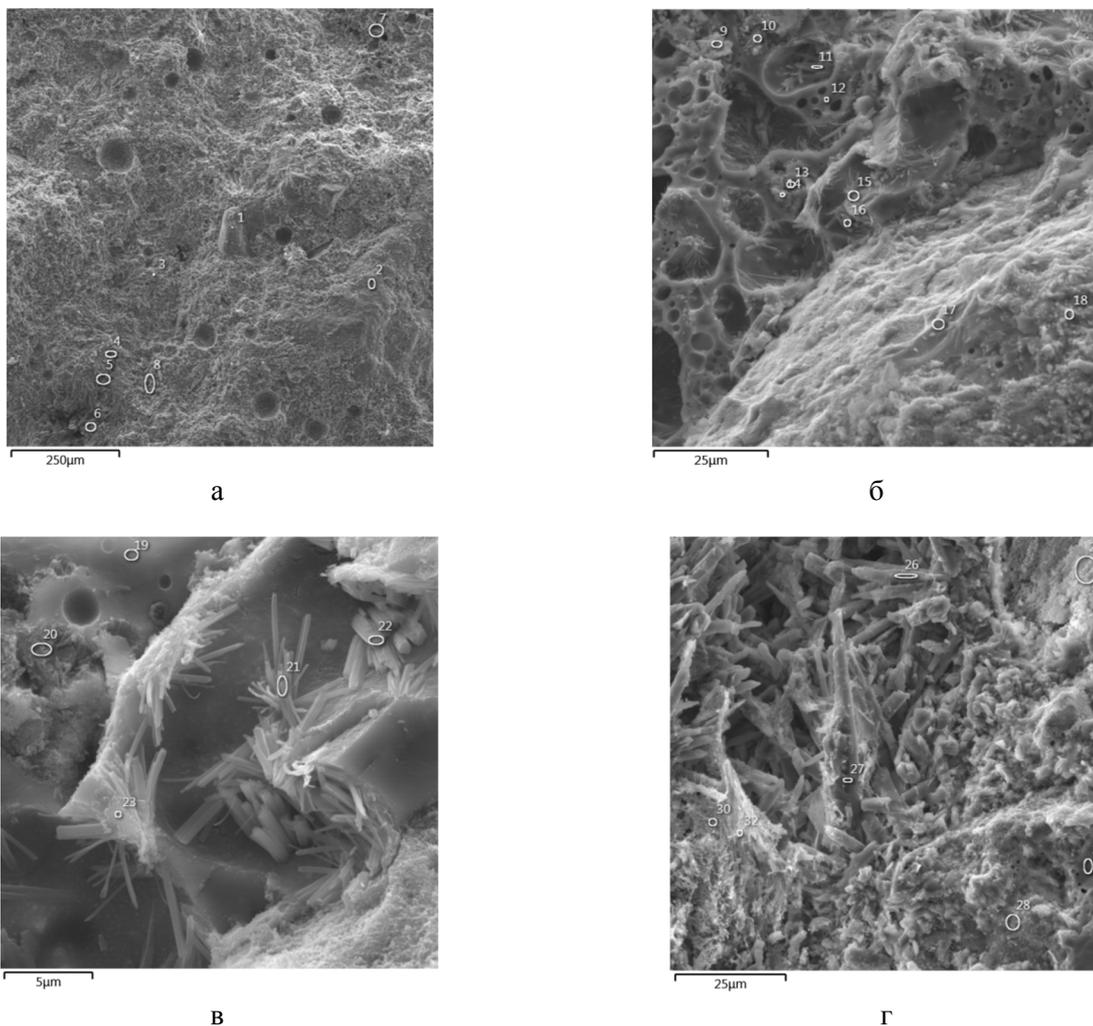


Рис. 1. Микроструктура образца керамзитобетона на КГВ, подвергшегося атмосферным воздействиям на открытом стенде в течение 4 лет:

а) спектры 1–8; б) спектры 9–18; в) спектры 19–23; г) спектры 25–32

На рис. 1-в видны кристаллы гипса (спектры 21, 23) и поры заполнителя (спектр 20), зарастающие, предположительно, гидросиликатами кальция и др. новообразованиями (спектр 22).

При рассмотрении рентгенограмм (рис. 2): было выявлено, что основным цементирующими веществами исследуемой пробы являются:

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($d=7,62; 4,29; 3,81; 3,073; 2,877; 1,880 \text{ \AA}$);

CaCO_3 ($d=3,029; 2,49; 2,277; 2,093; 1,912; 1,869; \text{ \AA}$);

SiO_2 ($d=3,35; 2,55; 2,46; 2,29; 2,133; 1,85; 1,813; 1,662 \text{ \AA}$);

CSH(B) ($d=12,55; 3,07; 2,82; 1,83; 3,35; 2,46; 2,29; 2,133; 1,813; 1,662 \text{ \AA}$);

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ($d=7,6; 3,80; 2,86; 1,66 \text{ \AA}$).

Пики ($d=7,6; 3,80; 2,86; 1,66 \text{ \AA}$) видимо, принадлежат четырехкальциевому монокарбонатному гидроалюминату ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), образующемуся при гидратации C_3A с добавкой CaCO_3 .

Пики этtringита ($d=9,73; 5,61; 3,88; 2,564; 2,209 \text{ \AA}$) и Ca(OH)_2 ($d=4,93; 2,63; 1,93; \text{ \AA}$) на рентгенограмме не обнаружены, имеются лишь их следы, что свидетельствует о наличии достаточного количества активных минеральных добавок в составе КГВ, содержащих кремнезем в химически активной форме и интенсивно связывающих Ca(OH)_2 в гидросиликаты кальция типа CSH(B) и другие комплексные малорастворимые соединения, обеспечивающие прочность и водостойкость композита.

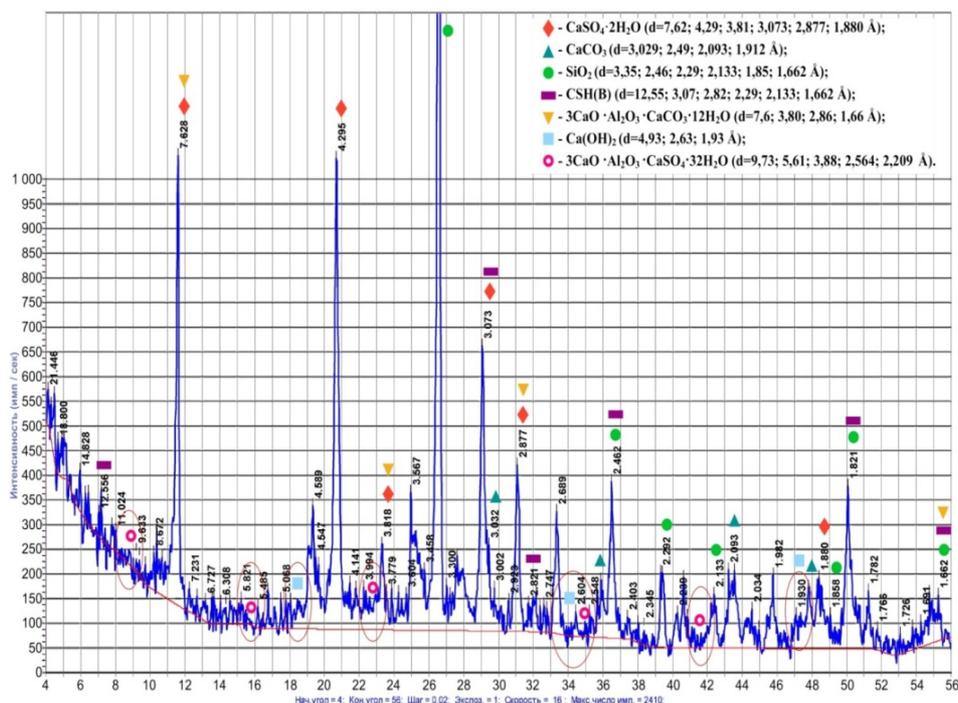


Рис. 2. РФА затвердевшего КГВ из образца керамзитобетона подвергнутого атмосферным воздействиям на открытом стенде в течение 4,5 лет

Выводы. Таким образом, длительные натурные наблюдения и исследования показали, что образцы керамзитобетона на основе КГВ, подвергающихся атмосферным воздействиям 4 года показали удовлетворительную эксплуатационную стойкость. Прочность бетона не снижается.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высших Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гипс в малоэтажном строительстве. Под общей ред. А.В. Ферронской. М.: Изд-во АСВ, 2008. 240 с.

2. Справочник. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Под общ. ред. проф., д-ра техн. наук А.В. Ферронской. М.: Изд-во АСВ, 2004. 485 с.

3. Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Недосека И.В., Печенкина Т.В., Мирсаев, Р.Н. гипсовых стеновых изделий // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 78–80.

4. Коровяков В.Ф., Бурьянов А.Ф. Научно-технические предпосылки эффективного использования гипсовых материалов в строительстве // Жилищное строительство. 2015. № 12. С. 38–40.

5. Гончаров Ю.А., Дубровина Г.Г., Губская А.Г., Бурьянов А.Ф. Гипсовые материалы и изде-

лия нового поколения. Оценка энергоэффективности. Минск: Колоград, 2016. 336 с.

6. Гордина А.Ф., Яковлев Г.И., Полянских И.С. [и др.] Гипсовые композиции с комплексными модификаторами структуры // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 90–95.

7. Бабков В.В., Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Шигапов Р.И. Модифицированные гипсовые вяжущие повышенной водостойкости и гипсокерамзитобетонные стеновые блоки для малоэтажного жилищного строительства на их основе // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 4–7.

8. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Изд. АСВ, 2006. 526 с.

9. Потапов В.В., Сердан А.А. Осаждение кремнезема из гидротермального теплоносителя электрокоагуляцией // Химическая технология. 2002. № 9. С. 2–9.

10. Дребезгова М.Ю. Особенности микростроения затвердевшего КГВ с многокомпонентными минеральными добавками // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №12. С. 136–140.

11. Lesovik V.S., Tschernyschova N.W., Drebezova M.Y. Нанодисперсное кремнезёмсодержащее сырьё для повышения эффективности быстротвердеющих композиционных вяжущих (Nanodisperse kiesel säure haltige Rohstoffe zur Verbesserung der Effizienz schneller härten der Bindemittel mischungen) // 2. Weimar Gypsum Conference. Weimar, 26–27 März, 2014. P. 259–266.

12. Чернышева Н.В., Лесовик В.С., Дребезгова М.Ю. Водостойкие гипсовые композиционные материалы с применением техногенного сырья. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.

13. Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Шаталова С.В. Композиционное гипсовое вяжущее с многокомпонентными минеральными добавками разного генезиса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №10. С.27–34.

Информация об авторах

Дребезгова Мария Юрьевна, старший преподаватель кафедры, архитектуры и градостроительства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
E-mail: drebezgova.myu@mail.ru mdrebezgova@mail.ru
Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышева Наталья Васильевна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. строительного материаловедения, изделий и конструкций.
E-mail: chernysheva.nv@bstu.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Корбут Елена Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство».
E-mail: korbutee@mail.ru
Белорусско-Российский университет.
Белоруссия, 212000, г. Могилев, проспект Мира, 43.

Поступила в марте 2018 г.

© Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Корбут Е.Е., 2018

M.Yu. Drebezgova, N.V. Chernysheva, E.E. Korbut
A STUDY OF THE CONCRETE WEATHERABILITY OF
THE COMPOSITE GYPSUM BINDER

An important task of the construction materials industry is the development of domestic production of effective building materials and products, providing reduction of the mass of buildings, environmental safety and comfort of housing, reducing its cost, etc. Such materials include gypsum materials and products, in particular ceramsite concrete based on composite gypsum binders. But, unfortunately, currently this type of concrete has limited use in construction, not corresponding to their potential. One of the reasons for this situation is the lack of research to determine the operational characteristics of gypsum concrete. In this article, the authors present the results of the study of atmospheric stability of samples of expanded clay on the basis of composite gypsum binders with multicomponent fine mineral additive, including waste magnetic separation of ferrous quartzites, nanodispersed silica powder (NDP), chalk and superplasticizer SikaPlast 2135.

Keywords: concrete, composite gypsum binder, phase structure.

REFERENCES

1. Gypsum in low-rise construction. Under the General editorship of A.V. Ferronsky. M.: Publishing house of DIA, 2008, 240 p.
2. Handbook. Gypsum materials and products (production and application). A.V. Ferronsky. M.: Publishing house ABC, 2004, 485 p.
3. Mirsaev R.N., Babkov V.V., Nedoseka I.V., Pechenkina T.V., Mirsaev R.N. Gypsum wall products. Construction materials, 2008, no. 3, pp. 78–80.
4. Korovyakov V.F., Buryanov A.F. Scientific and technical prerequisites for the effective use of gypsum materials in construction. Housing construction, 2015, no. 12, pp. 38–40.
5. Goncharov A.Yu., Dubrovin G.G., Gubsky A.G., Buryanov A.F. Gypsum materials and products of the new generation. Energy efficiency assessment. Minsk: Colored, 2016, 336 p.
6. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Polyansky I.S. [etc.] Gypsum compositions with complex structure modifiers. Stroitel'nye materialy, 2016, no. 1-2, pp. 90–95.
7. Babkov V.V., Latypov V.M., Lomakin L.N., Shigapov R.I. Modified gypsum binders of high water resistance and gipsokartonnye wall blocks for low-rise housing construction on their basis. Stroitel'nye materialy, 2012, no. 7, pp. 4–7.
8. Lesovik V.S. Increase of efficiency of production of construction materials taking into account the Genesis of rocks. M.: Ed. DIA, 2006, 526 p.

9. Potapov V.V., Serdan A.A. Deposition of silica from hydrothermal heat carrier by electro-coagulation. *Chemical technology*, 2002, no. 9, pp. 2–9.

10. Drebezova M.Y. Features of the microstructure of hardened HC with the Wi-component mineral admixtures. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2017, no. 12, pp. 136–140.

11. Lesovik V.S., Tschernyschova N.W., Drebezova M.Y. Nanodisperse silica-containing raw materials for improving the efficiency of fast-hardening composite binders (Nanodisperse kiesel

säure haltige Rohstoffe zur Verbesserung der Effizienz schneller härten der Bindemittelmischungen). 2. Weimar Gypsum Conference. Weimar, 26-27 März, 2014, pp. 259–266.

12. Chernysheva N.V., Lesovik V.S., Drebezova M.Y. water-resistant gypsum composite materials using technogenic raw materials. Belgorod: BSTU publishing House, 2015, 321 p.

13. Drebezova M.Yu., Chernysheva N.V. Shatalov S.V. Composite gypsum binder with multi-component minerals of different Genesis. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2017, no. 10, pp. 27–34.

Information about the author

Maria Y. Drebezgova, Senior lecturer.

E-mail: drebezgova.my@bstu.ru, mdrebezgova@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Nataliy V. Chernysheva, DSc, Professor.

E-mail: chernysheva.nv@bstu.ru, Chernysheva56@rambler.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Elena E. Korbut, PhD, Assistant professor.

E-mail: korbutee@mail.ru

Belarusian-Russian University.
Republic of Belarus, 212000, Mogilev, Mira Ave, 43.

Received in March 2018

Для цитирования:

Дребезгова М.Ю., Чернышева Н.В., Корбут Е.Е. Исследование атмосферостойкости керамзитобетона на композиционном гипсовом вяжущем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №7. С. 6–11. DOI: 10.12737/article_5b4f02ae7b9974.05993554.

For citation:

Drebezova M.Yu., Chernysheva N.V., Korbut E.E. A study of the concrete weatherability of the composite gypsum binder. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2018, no.7, pp. 6–11. DOI: 10.12737/article_5b4f02ae7b9974.05993554.