

DOI: 10.12737/article_5c73fbf6df9f53.10093605

^{1,*}Толыпина Н.М., ¹Щигорева Е.М., ¹Головин М.В., ¹Щигорев Д.С.
¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
 Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
 *E-mail: tolypina.n@yandex.ru

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕТОНОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ВТОРОГО ТИПА

Аннотация. Авторами проведены сравнительные исследования коррозии мелкозернистых цементных бетонов с обычным заполнителем (кварцевый песок) и активными заполнителями второго типа на основе бетонного лома и керамзита. Результаты экспериментальных исследований показали положительное влияние активных заполнителей второго типа на коррозионную стойкость мелкозернистого бетона, что подтверждается значениями коэффициента стойкости образцов мелкозернистого бетона в растворе сульфата магния через год испытаний. Установлена зависимость между видом активного заполнителя второго типа и стойкостью бетонов в агрессивных сульфатно-магнезиальных средах: керамзитовый заполнитель повышает коррозионную стойкость мелкозернистого бетона в 1,3 раза, а бетонный лом в 1,2 раза по сравнению с кварцевым песком. Исследуемые виды активных заполнителей второго типа можно расположить в ряд по мере убывания стойкости бетонов на их основе: керамзит – бетонный лом – кварцевый песок. Применение активных заполнителей второго типа способствует повышению стойкости бетона в агрессивных средах благодаря повышенному физическому сцеплению с цементной матрицей бетона. При этом необходимо учитывать, что высокая пористость заполнителей увеличивает проницаемость конгломерата, что снижает положительного эффект, обусловленный повышенным сцеплением.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, активные заполнители, коррозионная стойкость, цементная матрица, контактная зона

Введение. Для повышения долговечности бетона при воздействии на него агрессивных сред целесообразно использовать приемы, направленные на уменьшение проводимости слоев в зоне контакта цементной матрицы бетона с заполнителями [1–4]. Большое влияние на снижение проницаемости контактной зоны оказывают активные заполнители [5–6], которые благодаря взаимодействию с цементной матрицей по тем или иным механизмам, снижают проводимость контактных поверхностей и тем самым повышают долговечность изделий. Выделено два типа активных заполнителей по характеру сил взаимодействия между заполнителями и цементной матрицей бетона [7–8]. Активные заполнители второго типа усиливают их физическое срастание с цементной матрицей бетона за счет повышенной пористости поверхностных слоев. Свойства активных заполнителей II типа прояв-

ляют керамзит и бетонный лом, однако их влияние на коррозионную стойкость бетонов мало изучено, особенно в условиях химической коррозии. Ниже излагаются результаты исследований по данному вопросу.

Цель данной работы состоит в сравнительных исследованиях коррозии цементных бетонов на традиционном и активных заполнителях второго типа.

Методология. Для проведения исследований использовали следующие материалы: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н (ЗАО «Белгородский цемент»), кварцевый песок (ГОСТ 8736–93) ЗАО «Гидромехстрой» ($M_{кр} = 1,65$), керамзитовый песок М 600 (ГОСТ 9757–90) фракции 0–5 мм (ОАО ЖБК–1), бетонный лом ($M_{кр}=2,5$) из бетона (М 300, М 400) измельченного на лабораторной щековой дробилке. Химический и фазовый состав керамзита и бетонного лома приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1

Химический состав керамзита и бетонного лома

Заполнитель	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O
Керамзит	62,87	20,02	5,94	2,26	2,18	1,35	0,65
Бетонный лом	55,92	8,64	1,53	1,82	0,87	15,34	1,55

Коррозионную стойкость мелкозернистого на различных заполнителях изучали на образцах размером 2,5×2,5×10 см состава Ц:П=1:3. Образцы после изготовления твердели 28 сут в воде, затем их помещали в 1 %-ный раствор сульфата

магния. После 1, 3, 6 и 12 мес испытаний определяли прочность, исследовали фазовый состав продуктов коррозии и микроструктуру корродированной зоны [9]. В качестве контрольных составов использовали образцы мелкозернистого

бетона 1:3 на кварцевом песке. Результаты испытаний приведены на рисунках 2–3.

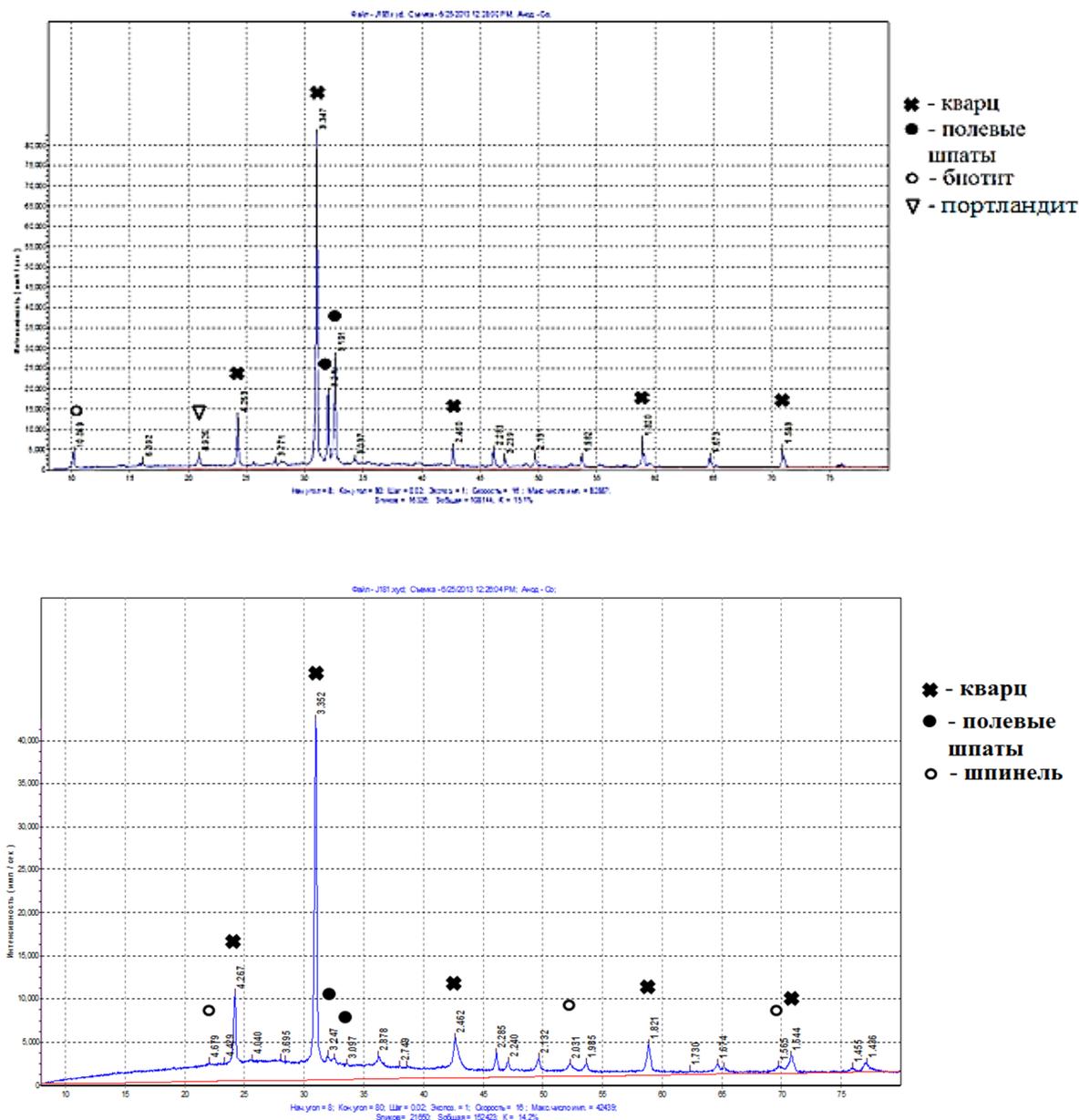


Рис. 1. Рентгенограмма: а) бетонного лома; б) керамзита

Как видно из рентгенограммы в бетонном ломе в основном присутствуют кварц (4,26; 3,34; 2,46; 1,83; 1,55 Å); полевые шпаты (альбит, микроклин,) (3,23; 3,18 Å), биотит (10,068 Å), портландит (4,92 Å). Фазовый состав керамзита: кварц (4,26; 3,34; 2,45; 1,83; 1,54 Å), полевой шпат (3,247; 3,096 Å); шпинель (4,678; 2,032; 1,57 Å).

Основная часть. Активность бетонного лома обусловлена химическим сродством гидратных фаз на поверхности заполнителей и цементной матрицы [10–11]. Отличие керамзита, как заполнителя II-го типа от бетонного лома заключается в том, что кристаллохимическое сродство между цементным камнем и поверхностью

заполнителя отсутствует. Поскольку у керамзита более высокая пористость, поэтому физические силы сцепления значительно больше, чем у бетонного лома [12]. Такие особенности придают керамзиту и бетонному лому определенные специфические свойства, которые оказывают большое влияние на коррозионную стойкость бетонов.

Проведенные исследования позволили установить, что заполнитель из бетонного лома повышает прочность при изгибе и сжатии образцов бетона в растворе сульфата магния, по сравнению с прочностью контрольных образцов на кварцевом песке (рис. 2). Преимущество заполнителя из бе-

тонного лома перед кварцевым песком подтверждается существенным превышением прочности при изгибе на 38 % образцов бетона, как наиболее чувствительного показателя при коррозионных испытаниях. Коэффициент стойкости образцов на бетонном ломе ($K_{C_{360}}=1,1$) превосходил аналогичный показатель у образцов бетона на кварцевом песке ($K_{C_{360}}=0,78$). В течение всего периода испытаний в растворе $MgSO_4$ прочность при сжатии образцов бетона на керамзитовом мелком заполнителе продолжала расти, при этом

прочность при изгибе практически оставалась без изменений (рис. 2). Полученные данные подтверждают, что благодаря повышенному физическому сцеплению керамзита с цементной матрицей бетона коррозионная стойкость бетона в агрессивных средах возрастает. Однако, при этом необходимо учитывать, что из-за высокой пористости заполнителя увеличивается проницаемость конгломерата, что снижает положительный эффект, обусловленный повышенным сцеплением.

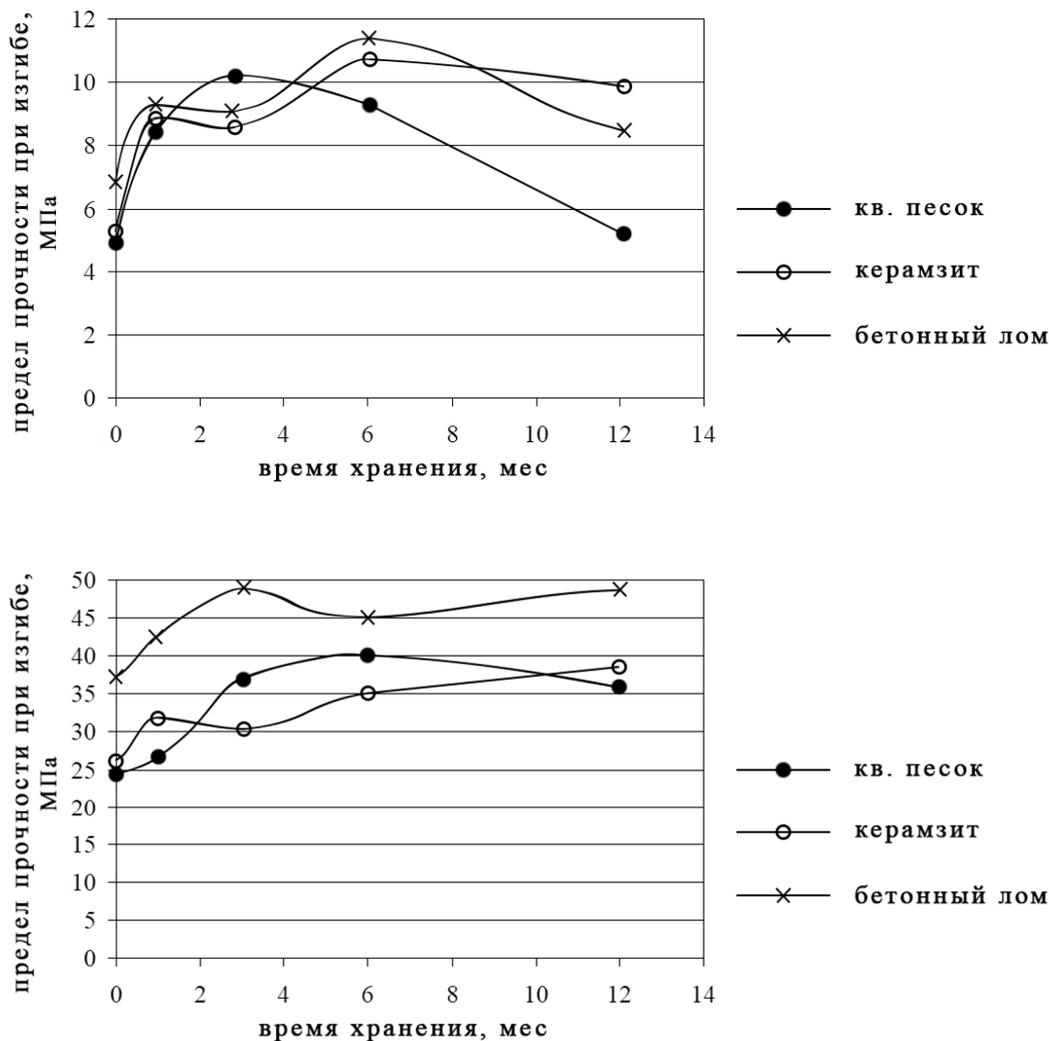


Рис. 2. Кинетика твердения мелкозернистого бетона в 1 %-ном растворе сульфата магния

На основе полученных результатов испытаний коррозионной стойкости мелкозернистых бетонов с использованием активных заполнителей второго типа, обладающих физическим сцеплением в разной степени, установлена зависимость между видом применяемого заполнителя и стойкостью бетонов в высоко агрессивных сульфатно-магниезиальных средах. Наиболее четко это видно по значениям коэффициентов стойкости, полученных после 360 сут хранения образцов мелкозернистого бетона в растворе $MgSO_4$ (рис. 3).

Результаты исследований показывают, что коррозионная стойкость образцов мелкозернистого бетона с заполнителем из бетонного лома превышает в 1,2 раза, а с керамзитовым заполнителем в 1,3 раза стойкость образцов мелкозернистого бетона на традиционном заполнителе из кварцевого песка в 1 %-ном растворе сульфата магния (рис. 2). Исследуемые виды активных заполнителей второго типа можно расположить в ряд по мере убывания стойкости бетонов на их основе: керам-

зит – бетонный лом – кварцевый песок. Полученные результаты подтверждают положительное влияние активных заполнителей II-го типа на стойкость бетона, обусловленную степенью физического срастания поверхности заполнителя с цементной матрицей бетона, что приводит к усилению сцепления и снижению проводимости контактной зоны для агрессивных агентов, поступающих из внешней среды.

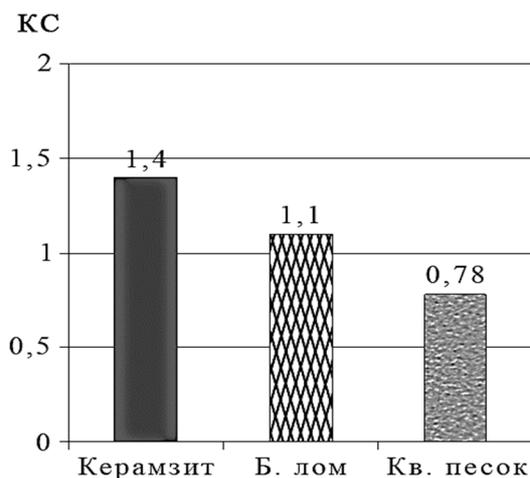


Рис. 3. Коэффициент стойкости (по $R_{изг}$) мелкозернистого бетона с различным заполнителем после 360 сут твердения в 1 %-ном растворе $MgSO_4$

Выводы. Таким образом, проведенные исследования подтвердили, что применяемые активные заполнители II-го типа оказывают большое влияние на коррозионную стойкость бетона. Это обусловлено величиной сцепления и составом контактных слоев между цементной матрицей бетона и поверхностью заполнителя. Два этих фактора оказывают влияние на проницаемость и в конечном счете на стойкость бетона в агрессивных средах. Заполнители II-го типа – бетонный лом и керамзит обеспечивают повышенное сцепление в основном за счет физического срастания, что приводит к повышению сопротивления бетона проникновению агрессивных компонентов по сравнению с заполнителем из кварцевого песка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. Под общей редакцией В.М. Москвина. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.

2. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона. Пер. с нем. А.Тулганова, под ред. П.Кривенко. Киев: Оранта, 2004. 301 с.

3. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976. 205 с.

4. Less S.T., Moon H.Y., Swamy R.N. Resistance of concrete in salt solutions exposure to extreme intensity // Cement and Concrete Composites. 2005. № 1. Pp. 65–76.

5. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем рационального выбора вяжущего и заполнителей. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 321 с.

6. Рахимбаев И.Ш., Толыпина Н.М. Термодинамический расчет активности в щелочной среде минералов, входящих в состав заполнителей бетонов // Вестник Центрального Регионального отделения: мат-лы Академических научных чтений «Науч. и инженер. пробл. строит.-технол. утилизации техногенных отходов». Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. Вып.13. С. 174–178.

7. Толыпина Н.М. К вопросу о взаимодействии цементной матрицы с заполнителями // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 6. Ч. 1. С. 81–85.

8. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М., Толыпин Д.А. Сравнительная стойкость бетонов с заполнителем различных размеров и без него // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 11. С. 43–47.

9. Рахимбаев Ш.М., Толыпина Н.М. Методы оценки коррозионной стойкости цементных композитов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С.23–24.

10. Курочка П.Н., Мирзалиев Р.Р. Бетоны с заполнителем из продуктов дробления вторичного бетона // Вестник РГУПС. 2012. № 3. С. 140–147.

12. Калыгин А.А., Фахратов М.А., Сохряков В.И. Опыт использования отходов дробленого бетона в производстве бетонных и железобетонных изделий // Строительные материалы. 2010. № 6. С.32–33.

13. Батаев Д.К.-С., Муртазаев С.-А.Ю., Исмаилова З.Х. Составы и свойства бетонов на основе техногенных отходов // Наука, образование и производство: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Грозный: ГГНИ. 2008. С.77–81.

Информация об авторах

Толыпина Наталья Максимовна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Щигорева Евгения Максимовна, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Головин Максим Васильевич, магистрант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Щигорев Дмитрий Сергеевич, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в декабре 2018 г.

© Тольпина Н.М., Щигорева Е.М., Головин М.В., Щигорев Д.С., 2019

^{1,*}*Tolykina N.M., ¹Shigoreva E.M., ¹Golovin M.V., ¹Shigorev D.S.*

¹*Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov*

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

**E-mail: tolypina.n@yandex.ru*

INCREASE OF CONCRETE INOXIDIZABILITY BY APPLICATION OF ACTIVE FILLERS OF THE SECOND TYPE

Abstract. *The authors conducted a comparative study of the corrosion of fine-grained cement concrete with conventional aggregate (silica sand) and active fillers of the second based on concrete scrap and expanded clay. The results of experimental studies present a positive influence of active fillers of the second type on the corrosion resistance of fine concrete. This is confirmed by the values of resistance coefficient of fine-grained concrete in a solution of magnesium sulfate after a year of testing. The dependence between the filler of the second type and durability of concretes in aggressive sulphate-magnesium environments is established. The clay filler improves the corrosion resistance of fine concrete in 1.3 times, and concrete scrap in 1.2 times in comparison with quartz sand. The investigated fillers can be arranged according to the durability of concrete: expanded clay - concrete scrap - quartz sand. The use of active fillers of the second type contributes to the durability of concrete in aggressive environments, due to increased physical adhesion with the cement matrix. It should be noted that the high porosity of the aggregates increases the permeability of the conglomerate, which reduces the positive effect due to increased adhesion.*

Keywords: *fine concrete, active fillers, corrosion resistance, the cement matrix, contact area.*

REFERENCES

1. Moskvina V.M., Ivanov F.M., Guzeev E.A. Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods of their protection. M.: Stroyizdat, 1980, 536 p.
2. Stark I., Wicht B. Durability of concrete. Trans. with A. Dolganova, ed. by P. Krivenko. Kiev: Orans, 2004, 301 p.
3. Alekseev S.N., Rosenthal N.K. Corrosion resistance of structures in aggressive industrial environments. M.: Stroyizdat, 1976, 205 p.
4. Less S.T., Moon H.Y., Swamy R.N. Resistance of concrete in salt solutions, exposure to extreme intensity. Cement and Concrete Composites, 2005, no. 1, pp. 65–76.
5. Rakhimbaev S.M., Tolykina N.M. The increased corrosion resistance of concrete by rational selection of binder and fillers: monograph. Belgorod: Publishing house BGTU, 2015, 321 p.
6. Rakhimbaev I.Sh., Tolykina N.M. Thermodynamic calculation of the activity in the alkaline environment of the minerals composing the aggregates

concretes. Vestnik of the Central Regional offices: Mat-ly Academic scientific. readings and engineer. Probl. builds.-tekhnol. disposal of industrial waste. Belgorod: Publishing house BGTU im. V.G. Shukhov, 2014, vol. 13, pp. 174–178.

7. Tolykina N.M. To the question about the interaction of the cement matrix with aggregates. Modern high technologies, 2016, no. 6, Part 1, pp. 81–85.

8. Rakhimbaev Sh.M., Tolykina N.M., Talapin D.A. Comparative resistance of concrete with various aggregate sizes and without him. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 11, pp. 43–47.

9. Rakhimbaev Sh.M., Tolykina N.M. Methods of evaluation of corrosion resistance of cement composites. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2012, no. 3, pp. 23–24.

10. Kurochka P.N., Mirzaliyev R.R. Concrete with the aggregate of the products of secondary crushing of concrete. Bulletin RGUPS, 2012, no. 3, pp. 140–147.

12. Kalugin A.A., Fortov M.A., Sokratov V.I. Experience of using waste crushed concrete in the production of concrete products. *Construction materials*, 2010, no. 6, pp. 32–33.

13. Bata D.K-S., Murtazaev S-A., Ismailova Z.H. Composition and properties of concrete based on technogenic waste. *Science, education and production: materials vs. scientific-pract. Conf. Ivan: MSTI*, 2008, pp. 77–81.

Information about the authors

Tolypina, Natalia M. DSc, Professor. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shigoreva, Evgenija M. Master student. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Golovin, Maksim V. Master student. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Shigorev, Dmitrii S. Postgraduate student. E-mail: tolypina.n@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in Desember 2018

Для цитирования:

Толыпина Н.М., Щигорева Е.М., Головин М.В., Щигорев Д.С. Повышение коррозионной стойкости бетонов путем применения активных заполнителей второго типа // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №2. С. 27–32. DOI: 10.12737/article_5c73fbf6df9f53.10093605

For citation:

Tolypina N.M., Shigoreva E.M., Golovin M.V., Shigorev D.S. Increase of concrete inoxidizability by application of active fillers of the second type. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2019, no. 2, pp. 27–32. DOI: 10.12737/article_5c73fbf6df9f53.10093605