

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ДИСПЕРСИЙ В КОМПЛЕКСНЫХ ДОБАВКАХ ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

М.В. Баранников, И.В. Поляков, В.С. Поляков, О.И. Николаева, Л.А. Виноградова

Кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений, Ивановский государственный химико-технологический университет, пр. Шереметевский, 7, Иваново, Российская Федерация, 153000  
E-mail: newmichael2014@gmail.com

*Коррозионная стойкость бетонных и железобетонных изделий является одним из основных свойств, влияющих на прочность сооружений, возводимых из данных материалов. Улучшение антикоррозионной защиты таких изделий является актуальной задачей современного материаловедения.*

*Статья посвящена исследованию влияния новой комплексной добавки на физико-механические свойства тяжелой бетонной смеси, такие как водопоглощение и прочность.*

*Объектом исследования является бетон марки В22,5. Комплексная добавка получена путем гомогенизации водной эмульсии нефтеполимерной смолы и суперпластификатора С-3.*

*Водопоглощение и прочность образцов определяли согласно ГОСТ 12730.3-2020 и ГОСТ 28570-2019 соответственно.*

*На основе результатов исследования доказано, что комплексная добавка обладает пластифицирующими и гидрофобизирующими свойствами при добавлении в тяжелую бетонную смесь. Определено влияние концентрации введенной комплексной добавки на водопоглощение и предела прочности при сжатии, что позволило определить оптимальный интервал концентраций добавки для введения в бетонную смесь для использования ее при изготовлении бетонных и железобетонных изделий.*

**Ключевые слова:** тяжелый бетон, водопоглощение, прочность, комплексная добавка

## APPLICATION OF POLYMER DISPERSIONS IN COMPLEX ADDITIVES FOR HEAVY CONCRETE

M.V. Barannikov, I.V. Polyakov, V.S. Polyakov, O.I. Nikolaeva, L.A. Vinogradova

Department of chemistry and technology of high-molecular compounds, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevskiy ave., 7, Ivanovo, Russia, 153000  
E-mail: newmichael2014@gmail.com

*Corrosion resistance of concrete and reinforced concrete products is one of the main properties that affect the strength of structures built from these materials. Improving the anticorrosion protection of such products is an urgent task of modern materials science.*

*The article is devoted to the investigation of the influence of a new complex additive on the physical and mechanical properties of a heavy concrete mix, such as water absorption and strength.*

*The object of the investigation is concrete grade B22.5. The complex additive is obtained by homogenizing an aqueous emulsion of petroleum resin and superplasticizer C-3.*

*Water absorption and strength of the samples were determined according to GOST 12730.3-2020 and GOST 28570-2019, respectively.*

*Based on the results of the investigation, it was proved that the complex additive has plasticizing and water-repellent properties when added to a heavy concrete mix. The influence of the concentration of the introduced complex additive on water absorption and compressive strength has been determined, which made it possible to determine the optimal concentration range of the*

*additive to be introduced into the concrete mixture for use in the manufacture of concrete reinforced and concrete products.*

**Key words:** heavy concrete, water absorption, strength, complex additive

**Для цитирования:**

Баранников М.В., Поляков И.В., Поляков В.С., Николаева О.И., Виноградова Л.А. Применение полимерных дисперсий в комплексных добавках для тяжелого бетона. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 33–38. DOI: 10.6060/rcj.2022662.6.

**For citation:**

Barannikov M.V., Polyakov I.V., Polyakov V.S., Nikolaeva O.I., Vinogradova L.A. Application of polymer dispersions in complex additives for heavy concrete. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 33–38. DOI: 10.6060/rcj.2022662.6.

Одним из основных условий, определяющих качество и долговечность бетонных, железобетонных изделий и конструкций, является их устойчивость к агрессивному воздействию окружающей среды [1]. В связи с этим актуальными являются способы повышения устойчивости бетона в водных и неводных средах, включая растворы органических, неорганических кислот, оснований и их солей [2]. Вопросам антикоррозионной защиты бетонных и железобетонных изделий в науке бетоноведения уделяется особое внимание

Современные достижения и развитие теоретической физикохимии материалов позволяют на практике значительно повысить качество традиционных и создаваемых композиционных материалов [3, 4].

Использование композитов на основе цементных вяжущих в ближайшие годы будет в значительной мере определять возрастающие объемы производства цемента и его использования в строительстве. При этом необходимость использования новых эффективных химических модификаторов и добавок для цемента и бетона значительно возрастает [5–7].

Решению данной проблемы в теории и практике бетоноведения уделяется важное значение. Тем не менее, при наличии множества путей достижения целей увеличения долговечности, коррозионной устойчивости бетонных и железобетонных изделий, указанные проблемы не являются в настоящее время решенными [8, 9].

В настоящей статье изложены результаты исследований по изучению влияния химических добавок на водопоглощение бетона, как основного фактора коррозионного воздействия, результатом которого является снижение прочности и сокращение срока эксплуатации изделий и конструкций.

Целью настоящей работы являлось исследование влияния комплексной добавки на прочность и водопоглощение бетона марки В 22,5.

При создании состава добавок для тяжелого бетона марки В22,5 с повышенной устойчивостью к водопоглощению с целью повышения срока эксплуатации бетонных и железобетонных изделий и конструкций исходили из фундаментальных положений строительной науки, что комплексность действия добавок заключается в оптимальном сочетании двух основных противоположных по действию процессов, протекающих во времени и объеме бетонной смеси, и последующем твердении цементного камня [10]. На стадиях затворения, перемешивания в бетоносмесителе, вибрировании смеси важным фактором является время и скорость гидратации зёрен цемента, что связано со скоростью смачивания их поверхности и капиллярным проникновением молекул воды в нижние слои зёрен. Следует отметить, что данный эффект усиливается использованием пластификаторов, супер- и гиперпластификаторов [11–13], либо увеличением водоцементного (В/Ц) соотношения [14]. Второй способ, как известно, приводит к снижению прочностных характеристики бетона и используется в основном при транспортировке бетонных смесей на дальние расстояния или в регионах с высокими температурами в весенне-летний период.

На второй стадии процесса твердения цементное тесто структурируется последовательно в виде коллоидно-кристаллизационной и далее более жесткой и прочной кристаллизационной фазы. Эти процессы протекают в присутствии и при воздействии химических добавок, выбор которых определяется достижением планируемых величин физико-механических характеристик бетона в каждом конкретном случае [15–17]. Например, процесс твердения бетона интенсифицируется действием ускорителей твердения неорганической и органической природы и заключается в повышении степени пресыщения системы гидратом окиси кальция (СН) и последующим активным образованием кристаллов гидросиликата кальция (СНС)

[18]. Известно, что использование таких добавок в комбинации с суперпластификаторами увеличивает прочностные характеристики бетона, уменьшает водопоглощение и повышает устойчивость бетона к агрессивному воздействию окружающей среды [19]. Тем не менее, вопросы повышения водостойкости и прочности бетона в условиях циклических изменений влажности и температуры окружающей среды остаются важными в гражданском и промышленном строительстве [20]. С этой целью в настоящей работе были исследованы экспериментальные составы добавок на основе суперпластификатора С-3 с полимерными гидрофобными добавками.

Бетонную смесь марки В22,5 готовили на основе цемента марки ЦЕМ I 42,5 ГОСТ 31108-2003, песка кварцевого с модулем крупности 2,0-2,5 по ГОСТ 8736-85, щебня гранитного фракции 5,0-20,0 мм по ГОСТ 10268-80, воды водопроводной технической ГОСТ 2874-82 при водоцементном соотношении (В/Ц) – 0,4.

Комплексная добавка представляла собой смесь суперпластификатора С-3 и экспериментальной полимерной гидрофобной добавки (ПГД), которую готовили в двух рецептурных составах.

Полимерная гидрофобная добавка по составу 1 представляет собой 40 % водную эмульсию нефтеполимерной смолы (НПС). Для получения эмульсии расплавляли необходимое количество нефтеполимерной смолы при температуре 85-90 °С, после чего расплав вливали при перемешивании в металлический стакан из нержавеющей стали объемом 500 см<sup>3</sup>, заполненный расчётным количеством дистиллированной воды, предварительно нагретой до температуры 88-92 °С и содержащей эмульгатор имидазолинового типа ForeIMA в концентрации 1,5% от общей массы приготавливаемой эмульсии. Далее исходную смесь гомогенизировали на лабораторном гомогенизаторе в течение 4 мин при увеличении числа оборотов вала гомогенизатора с турбинной мешалкой от 500 до 6000 об/мин. После окончания гомогенизации эмульсию охлаждали при комнатной температуре и выдерживали в течение 24 ч для подтверждения гомогенности эмульсии и отсутствия «сливок» и осадка, а при их наличии по объёму более 1,5-2,0% эмульгирование повторяли при комнатной температуре в течение 5 мин.

Полимерная гидрофобная добавка по составу 2 представляет собой механическую смесь 40% эмульсии состава 1 и водной стирол-акриловой дисперсии Acrol 757A при соотношении указанных компонентов 1:0,25 в пересчёте на сухие вещества.

Комплексную добавку (ПГД-1) на основе 40% эмульсии добавки состава 1 и суперпластификатора С-3 готовили с использованием лабораторного гомогенизатора с регулируемым числом оборотов вала перемешивающего устройства в интервале 500 – 550 об/мин. в течение 60 – 65 с. Аналогичным способом готовили комплексную добавку (ПГД-2) на основе полимерной гидрофобной добавки состава 2 и суперпластификатора С-3.

Дисперсии комплексных добавок ПГД-1 и ПГД-2 выдерживали при комнатной температуре в течение 6-8 ч для определения их однородности и устойчивости к расслоению. Добавки использовали для приготовления образцов бетона при отсутствии в приготовленных по указанному способу дисперсиях осадков, разделения фаз или слоя «сливок» толщиной более 1,0 – 1,2 мм.

Для исследования влияния приготовленных экспериментальных комплексных добавок на водопоглощение и прочность при сжатии образцов бетона В22,5 рассчитывали количество компонентов в образцах добавок исходя из условия, что общая масса суперпластификатора С-3 в пересчёте на сухое вещество не должна превышать 0,3 - 0,35% от массы цемента, являющейся при практическом использовании С-3 в промышленном производстве бетона модальной величиной.

Составы 1 и 2 в качестве компонентов комплексных полимерных добавок (ПГД-1, ПГД-2) в пересчёте на сухие вещества использовали в количестве от 0,01% до 0,17% от массы цемента при интервальном шаге, равном 0,02%.

Для определения прочности при сжатии и водопоглощения испытанию подвергали по шесть образцов-кубов бетона В22,5 с размером ребра куба 100 мм. Величину каждого показателя рассчитывали, как среднюю арифметическую из числа испытаний. Водопоглощение образцов определяли согласно ГОСТ 12730.3-2020. Прочность при сжатии определяли согласно ГОСТ 28570-2019 на гидравлическом прессе П-120. Полученные величины прочности при сжатии корректировали на величину поправочного коэффициента  $K = 0,95$ , учитывающей размер ребра куба.

Результаты испытаний зависимости водопоглощения и прочности образцов бетона В22,5 от концентрации полимерных компонентов (составы 1,2) в комплексных добавках ПГД-1 и ПГД-2 для образцов-кубов бетона В22,5 размером 100×100×100 мм показаны на рис. 1 и 2.

Исследования показали положительное влияние добавок на свойства бетона марки В22,5. Максимальный эффект на повышение прочности

бетона и уменьшение водопоглощения достигается применением добавки ПГД-2 при содержании в ней полимерного компонента (состав 2) в интервале 0,09 – 0,15% по сухому веществу. Водопоглощение бетона при содержании полимерного компонента 0,09% в добавках ПГД-1 и ПГД-2 снизилось на 18,31%, а при 0,15% снижение водопоглощения составило 58,4% (рис.1).

В ходе экспериментов было установлено, что наибольшую прочность при сжатии на 28 сут. твердения имеют образцы с комплексными добавками ПГД-1 и ПГД-2 при содержании в них полимерного компонента в интервале 0,09 – 0,13% по сухому веществу. Максимальная прочность образца с добавкой ПГД-1 составляет 34,6 МПа при содержании полимерного компонента (состав 1) в количестве 0,09%, а с добавкой ПГД-2, соответственно, 36,9 МПа и 0,13% (состав 2) по сухому веществу.

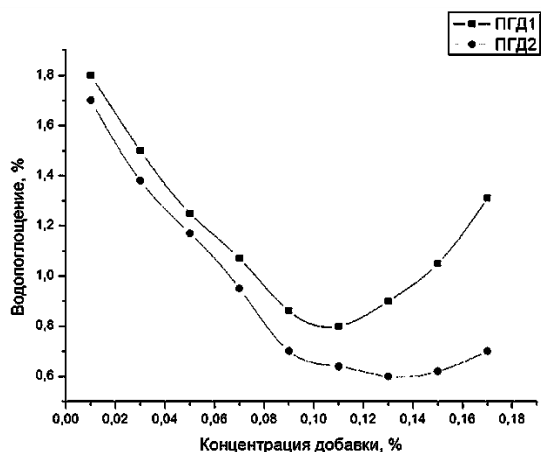


Рис. 1. Водопоглощение образцов бетона В22,5 с добавками ПГД-1 и ПГД-2

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабенкова Ю.В. Методы исследования железобетонных конструкций в агрессивных средах. E-Scio. 2020. № 4(43). С. 647-654.
2. Кондратьева Н.В., Алфименкова А.Ю. Исследование способов повышения коррозионной стойкости железобетонных конструкций. Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 1(38). С. 16-23. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.01.3.
3. Поляков И.В., Баранников М.В., Степанова Е.А. Добавки для тяжелого бетона на основе техногенных отходов химических производств. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 4. С. 104-109. DOI: 10.6060/ivkkt.20216404.6330.

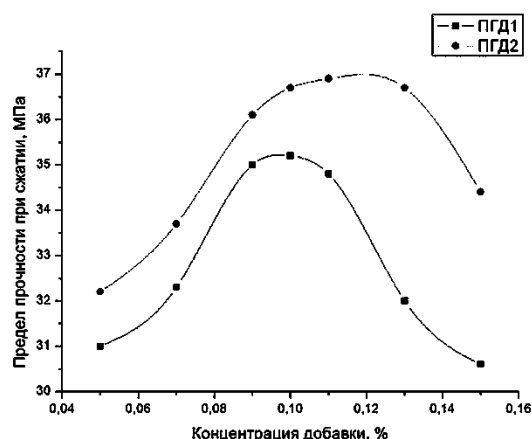


Рис. 2. Прочность образцов бетона при сжатии на 28 сут. с добавками ПГД-1 и ПГД-2

Таким образом, на основании анализа данных, полученных в ходе экспериментов, установлено, что комплексные добавки на основе суперпластификатора С-3 в комбинации с полимерными гидрофобными компонентами являются эффективными пластифицирующими и гидрофобизирующими композициями. При этом выявлено, что использование указанных полимерных компонентов в составе добавок ПГД-1, ПГД-2 в количестве 0,09-0,13% по сухому веществу не снижает прочные свойства бетона В22,5 при значительном уменьшении водопоглощения и как следствие увеличению коррозионной устойчивости и долговечности.

Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671).

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

#### REFERENCES

1. Babenkova Yu.V. Methods of investigation of reinforced concrete structures in aggressive environments. E-Scio. 2020. N 4(43). P. 647-654. (in Russian).
2. Kondratieva N.V., Alfimenkova A.Yu. Investigation of ways to improve the corrosion resistance of reinforced concrete structures. Urban planning and architecture. 2020. V. 10. N 1(38). P. 16-23. DOI: 10.17673/ Vestnik.2020.01.3. (in Russian).
3. Polyakov I.V., Barannikov M.V., Stepanova E.A. Additives for heavy concrete based on industrial waste from chemical industries. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 4. P. 104-109. DOI: 10.6060/ivkkt.20216404.6330.

4. Чекнаворян А.А. Целостный взгляд на роль добавок к бетону, обеспечивающих прочность железобетонных сооружений. ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2020. № 4(61). С. 26-35.
5. Каприелов С.С. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов. Строительные материалы. 2017. № 11. С. 4-10.
6. Baydjanov D.O., Abdrakhmanova K.A., Kropachev P.A., Rakhimova G.M. Modified concrete for producing pile foundations. Magazine of Civil Engineering. 2019. N 2(86). P. 3-10. DOI: 10.18720/MCE.86.1.
7. Бредихин В.В., Сергеев Д.В., Булгаков А.Г., Нгуен В.Т. Применение химических добавок при двухстадийной технологии бетона. Бюллетень строительной техники. 2021. № 12(1048). С. 33-35.
8. Бурханова Р.А., Евстафьева Н.Ю., Акчурич Т.К. Оценка работоспособности наполненной двухкомпонентной полимерной системы холодного отверждения в качестве покрытия для защиты бетонных поверхностей от воздействия агрессивной среды. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 1(82). С. 143-152.
9. Сальникова А.С. Высокопрочный бетон: от фундаментальных до прикладных задач. Университетская наука. 2020. № 2(10). С. 118-120.
10. Нажуев М.П., Княжиченко М.В., Орлов М.Г., Ельшаева Д.М., Доценко Н.А. Некоторые аспекты структурообразования модифицированных центрифугированных бетонов с использованием суперпластификаторов. Вестник ВСГУТУ. 2021. № 2(81). С. 51-57.
11. Govin A., Bartholin M.-C., Schmidt W., Grosseau Ph. Combination of superplasticizers with hydroxypropyl guar, effect on cement-paste properties. Construction and Building Materials. 2019. V. 215. P. 595-604. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.137.
12. Fares G., Al-Negheimish A., Khan M.I. Polycarboxylate superplasticizer and viscosity modifying agent: Mode of addition and its effect on cement paste rheology using image analysis. Journal of Building Engineering. 2021. V. 48. Art. N 103946. DOI: 10.1016/j.job.2021.103946.
13. Vinogradova L.A. Effect of Introducing Poliplast SP-3 Superplasticizer on the Properties of Concrete. Glass and Ceramics. 2018. V. 75. N 3-4. P. 160-162. DOI: 10.1007/s10717-018-0047-0.
14. Alawode O., Idowu O.I. Effects of water-cement ratios on the compressive strength and workability of concrete and lateritic concrete mixes. The Pacific Journal of Science and Technology. 2011. V. 12. N 2. P. 99-105.
15. Шарафутдинов З.З. Действие расширяющих добавок на процесс формирования цементного камня. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2022. № 2(350). С. 28-34. DOI: 10.33285/0130-3872-2022-2(350)-28-34.
16. Низина Т.А., Бальков А.С., Коровкин Д.И. Оценка физико-химической эффективности минеральных добавок различного состава в цементных системах. Эксперт: теория и практика. 2021. № 5(14). С. 41-47. DOI 10.51608/26867818\_2021\_5\_41.
4. Cheknavoryan A.A. A holistic view of the role of concrete additives that ensure the strength of reinforced concrete structures. ALITinform: Cement. Concrete. Dry mixes. 2020. N 4(61). P. 26-35. (in Russian).
5. Kapriellov S.S. Cements and additives for the production of high-strength concrete. Construction Materials. 2017. N 11. P. 4-10. (in Russian).
6. Baydjanov D.O., Abdrakhmanova K.A., Kropachev P.A., Rakhimova G.M. Modified concrete for producing pile foundations. Magazine of Civil Engineering. 2019. N 2(86). P. 3-10. DOI: 10.18720/MCE.86.1.
7. Bredikhin V.V., Sergeev D.V., Bulgakov A.G., Nguyen V.T. Application of chemical additives in two-stage concrete technology. Building Engineering Bulletin. 2021. N 12(1048). P. 33-35. (in Russian)
8. Burkhanova R.A., Evstafieva N.Yu., Akchurin T.K. Evaluation of the performance of a filled two-component cold curing polymer system as a coating to protect concrete surfaces from the effects of an aggressive environment. Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture. 2021. N 1(82). P. 143-152. (in Russian).
9. Salnikova A.S. High-strength concrete: from fundamental to applied problems. University science. 2020. N 2(10). P. 118-120. (in Russian).
10. Nazhuyev M.P., Knyazhichenko M.V., Orlov M.G., Elshaeva D.M., Dotsenko N.A. Some aspects of structure formation of modified centrifuged concretes using superplasticizers. Bulletin of the ESSTU. 2021. N 2(81). P. 51-57. (in Russian).
11. Govin A., Bartholin M.-C., Schmidt W., Grosseau Ph. Combination of superplasticizers with hydroxypropyl guar, effect on cement-paste properties. Construction and Building Materials. 2019. V. 215. P. 595-604. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.137.
12. Fares G., Al-Negheimish A., Khan M.I. Polycarboxylate superplasticizer and viscosity modifying agent: Mode of addition and its effect on cement paste rheology using image analysis. Journal of Building Engineering. 2021. V. 48. Art. N 103946. DOI: 10.1016/j.job.2021.103946.
13. Vinogradova L.A. Effect of Introducing Poliplast SP-3 Superplasticizer on the Properties of Concrete. Glass and Ceramics. 2018. V. 75. N 3-4. P. 160-162. DOI: 10.1007/s10717-018-0047-0.
14. Alawode O., Idowu O.I. Effects of water-cement ratios on the compressive strength and workability of concrete and lateritic concrete mixes. The Pacific Journal of Science and Technology. 2011. V. 12. N 2. P. 99-105.
15. Sharafutdinov Z. Z. Effect of expanding additives on the formation of cement stone. Construction of oil and gas wells on land and at sea. 2022. N 2(350). P. 28-34. DOI 10.33285/0130-3872-2022-2(350)-28-34. (in Russian).
16. Nizina T.A., Balykov A.S., Korovkin D.I. Evaluation of the physicochemical efficiency of mineral additives of various compositions in cement systems. Expert: theory and practice. 2021. N 5(14). P. 41-47. DOI: 10.51608/26867818\_2021\_5\_41. (in Russian).
17. Demyanenko O.V., Kulikova A.A., Kopanitsa N.O., Petrov A.G. Influence of complex modifying additives on the operational properties of heavy concrete. News of higher educational institutions. Construction. 2021. N 5(749). P. 23-32. DOI 10.32683/0536-1052-2021-749-5-23-32. (in Russian).

17. Демьяненко О. В., Куликова А. А., Копаница Н. О., Петров. А. Г. Влияние комплексных модифицирующих добавок на эксплуатационные свойства тяжелого бетона. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 5(749). С. 23-32. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-749-5-23-32.
18. Макридин Н.И., Максимова И.Н. О физико-химическом и техническом влиянии добавок модифицированных гидросиликатов кальция на процессы структурообразования и твердения цементного камня. Региональная архитектура и строительство. 2020. № 2(43). С. 24-32.
19. Белоус Н. Х., Родцевич С. П., Опанасенко О. Н., Крутько Н. П. Влияние модифицирующих добавок на структурные характеристики и свойства портландцементных бетонов. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. 2021. Т. 57. № 1. С. 94-100. DOI: 10.29235/1561-8331-2021-57-1-94-100.
20. Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Гоглев И.Н., Касьяненко Н.С. Ингибирование коррозии бетонного композита комбинированной добавкой нитрита натрия и силиката натрия. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 8. С. 57-62.
18. Makridin N.I., Maksimova I.N. On the physicochemical and technical influence of the addition of modified calcium hydrosilicates on the processes of structure formation and hardening of cement stone. Regional architecture and construction. 2020. N 2(43). P. 24-32. (in Russian).
19. Belous N. Kh., Rodtsevich S. P., Opanasenko O. N., Krutko N. P. Influence of modifying additives on the structural characteristics and properties of Portland cement concrete. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical Sciences Series. 2021. V. 57. N 1. P. 94-100. DOI: 10.29235/1561-8331-2021-57-1-94-100. (in Russian).
20. Rumyantseva V.E., Konovalova V.S., Goglev I.N., Kasiyanenko N.S. Inhibition of concrete composite corrosion by combined addition of sodium nitrite and sodium silicate. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 8. P. 57-62. DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6366 (in Russian).

*Поступила в редакцию 26.04.2022  
Принята к опубликованию 17.05.2022*

*Received 26.04.2022  
Accepted 17.05.2022*