

DOI: 10.12737/article_5ac24a27c93945.06235016

*Баранов Е.В., канд. тех. наук, доц.,
Шелковникова Т.И., канд. тех. наук, доц.,
Хорунжий Т.М., магистрант*

Воронежский государственный технический университет

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ДЕКОРАТИВНЫЙ МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН С ДОБАВКОЙ ПЛАСТИФИКАТОРОМ И НАПОЛНИТЕЛЕМ

baranov.evg@mail.ru

Декоративный мелкозернистый бетон является одним из эффективных отделочных материалов, обладающих необходимым комплексом строительно-технологических и декоративных свойств. Повышение эффективности и качества декоративного мелкозернистого бетона в полной мере может быть успешно решено применением различных видов добавок. Для направленного регулирования свойств мелкозернистой бетонной смеси на основе белого портландцемента и бетона было рассмотрено влияние различных видов добавок суперпластификаторов (с линейной формой полимерной цепи на основе сульфированных нафталинформальдегидных смол и с поперечными связями двух- или трехмерной формы полимерной цепи на основе модифицированного поликарбоната), а с целью экономии белого портландцемента при производстве светлых тонов декоративного камня из мелкозернистого бетона предложено в качестве наполнителя использовать карбонаткальциевые отходы.

Ключевые слова: декоративный мелкозернистый бетон, пластифицирующие добавки, карбонаткальциевые отходы.

Введение. В современном промышленном и гражданском строительстве создание ярких, выразительных зданий, городских районов и поселков, отвечающих запросам современных застройщиков, дизайнеров и архитекторов является одной из приоритетных задач для материаловедов и строителей. Цветовые решения для декоративного оформления фасадов могут создаваться за счет использования различных строительных материалов: цветного облицовочного кирпича, керамической плитки, декоративных штукатурных растворов, фасадных красок, природного камня, декоративных бетонов и др.

Одним из перспективных отделочных материалов для цоколей зданий является искусственный декоративный камень из мелкозернистого бетона светлых тонов, получаемый на основе белого портландцемента. Изменение цветовой гаммы изделий традиционно осуществляется путем окрашивания белого цемента щелочестойкими пигментами. Высокое содержание цветного вяжущего в бетоне позволяет получить хорошую цветовую выразительность, гладкую, плотную поверхность изделий, однако, вызывает перерасход дорогостоящего белого цемента.

Достижение требуемой удобоукладываемости бетонной смеси и получение гладкой, бездефектной поверхности изделий возможно путем регулирования реологических свойств мелкозернистой бетонной смеси за счет варьирования составов и введения добавок как минеральных, так и органических или органоминеральных. Одним из наиболее универсальных, до-

ступных и гибких способов управления технологией бетона для получения заданных свойств изделий является применение суперпластификаторов [1–9].

Эффективность суперпластификаторов зависит от структуры молекул, вида функционально активных групп, а также от их расположения в молекулах, длины и формы цепей, молекулярной массы. Адсорбируясь на активных центрах вяжущего, суперпластификаторы снижают внутреннее трение частиц твердой фазы и диспергируют ее, что и обеспечивает получение требуемой удобоукладываемости бетонной смеси при меньшем расходе воды затворения [3–7].

Для направленного регулирования свойств бетонной смеси и затвердевшего мелкозернистого бетона на основе белого портландцемента было изучено влияние добавок – суперпластификаторов двух типов:

- с линейной формой полимерной цепи на основе сульфированных нафталинформальдегидных смол (суперпластификатор С-3);

- с поперечными связями и двух- или трехмерной формы полимерной цепи на основе модифицированного поликарбоната (суперпластификатор ViscoCrete®-3088).

Указанные добавки оказывают как пластифицирующий, так и водоредуцирующий эффекты.

Механизм действия добавки С-3 основан на эффекте электростатического отталкивания цементных частиц друг от друга благодаря адсорбции отри-

цательно заряженных молекул на поверхности цементных частиц [3–5].

Действие суперпластификаторов на основе поликарбоксилатов основано на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффекта, который достигается за счет боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекул поликарбоксилатного эфира. Именно поперечные звенья молекул поликарбоксилатного эфира создают адсорбционную объемную защитную оболочку вокруг частиц твердой фазы, предотвращая слипание частиц и способствуя их взаимному отталкиванию [3, 4].

Методика. Для изучения влияния пластифицирующих добавок на физико-механические свойства мелкозернистого бетона приготавливалась смесь равной консистенции, следующего состава: вяжущее вещество и кварцевый песок в соотношении 1:3 при распыле основания конуса на встряхивающемся столике равном 110 мм. В качестве вяжущего вещества использовался

белый портландцемент марки М 400, в качестве заполнителя применяли кварцевый песок с модулем крупности М 1,6. Добавки вводились в растворную смесь вместе с водой затворения. Прочностные свойства определялись на образцах-балочках размером 4×4×16 см.

Основная часть. На начальном этапе рассматривался водоредуцирующий эффект от введения добавок суперпластификаторов в мелкозернистую бетонную смесь. Установлено, что введение добавок в мелкозернистую бетонную смесь позволяет снизить расход воды при получении одинаковой консистенции смеси. При использовании добавки С-3 В/Ц снижается с 0,49 до 0,412, а при использовании добавки ViscoCrete®-3088 В/Ц снижается с 0,49 до 0,36. Водоредуцирующий эффект от применения различной дозировки суперпластификаторов в мелкозернистой бетонной смеси представлен на рисунке 1.

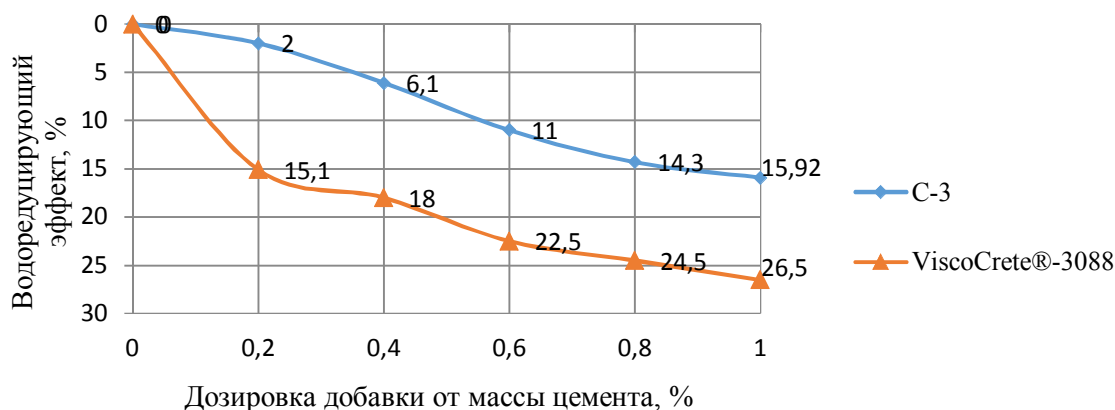


Рис. 1. Влияние дозировки суперпластификаторов на водоредуцирующий эффект в мелкозернистой бетонной смеси

Наибольший водоредуцирующий эффект на мелкозернистую бетонную смесь оказывает добавка ViscoCrete®-3088. Сокращение расхода воды при сохранении подвижности в дальнейшем должно привести к повышению плотности и прочности мелкозернистого бетона.

Обе добавки оказывают также положительное влияние на кинетику набора прочности цементного камня из белого портландцемента в возрасте 3, 7, 28 суток. Наибольшее значение предела прочности при сжатии имеет цементный камень с добавкой ViscoCrete®-3088 (в возрасте 28 суток – до 68 МПа). Благодаря водоредуцирующему действию добавки в цементном тесте снижается объем межзернового пространства и обеспечивается более тесный контакт между оболочками из гидратных продуктов на поверхности соседних зерен вяжущего, что спо-

собствует объединению их в более плотный и прочный конгломерат [3–5].

При использовании суперпластификаторов выявлены оптимальные дозировки добавок для декоративного мелкозернистого бетона:

- оптимальная дозировка добавки С-3 составляет 0,4–0,8 % от массы цемента;
- оптимальная дозировка добавки ViscoCrete®-3088 составляет 0,6–1 % от массы цемента (рис. 2).

Избыточная концентрация добавки (выше установленной оптимальной дозировки) приводит к снижению прочности из-за замедления процесса гидратации и структурообразования цемента. Все частицы твердой фазы покрываются коллоидно-адсорбционными слоями молекул ПАВ, в результате затрудняется доступ воды к поверхности гидратирующих зерен цемента, что и приводит к замедлению процесса гидратации.

Избыточная дозировка добавки в некоторых случаях может привести даже к расслоению бетонной смеси [3].

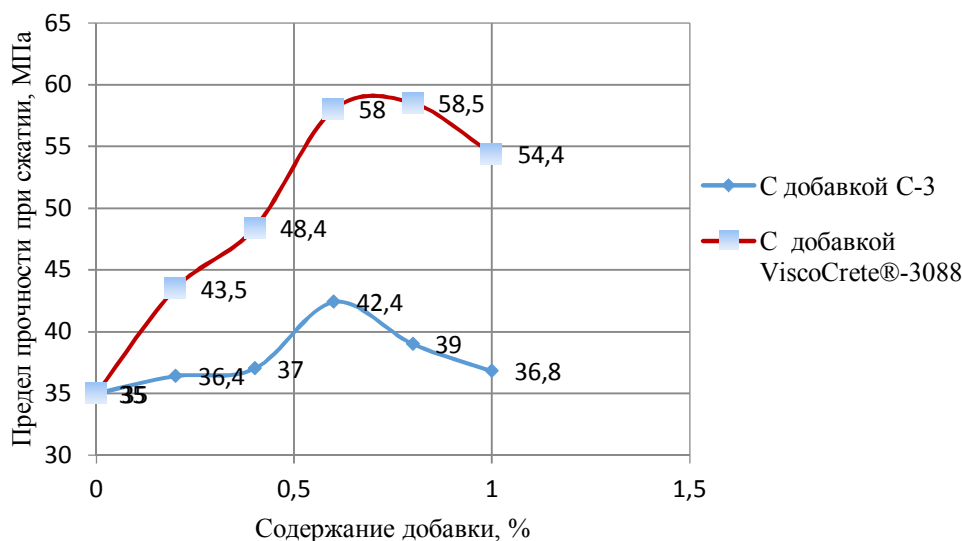


Рис. 2. Влияние количества добавки на прочность мелкозернистого бетона в возрасте 28 суток

Исследуемые добавки оказывают положительное влияние на набор прочности декоративного мелкозернистого бетона на протяжении

всего периода твердения. Кинетика набора прочности мелкозернистого бетона с пластифицирующими добавками представлена на рис. 3.

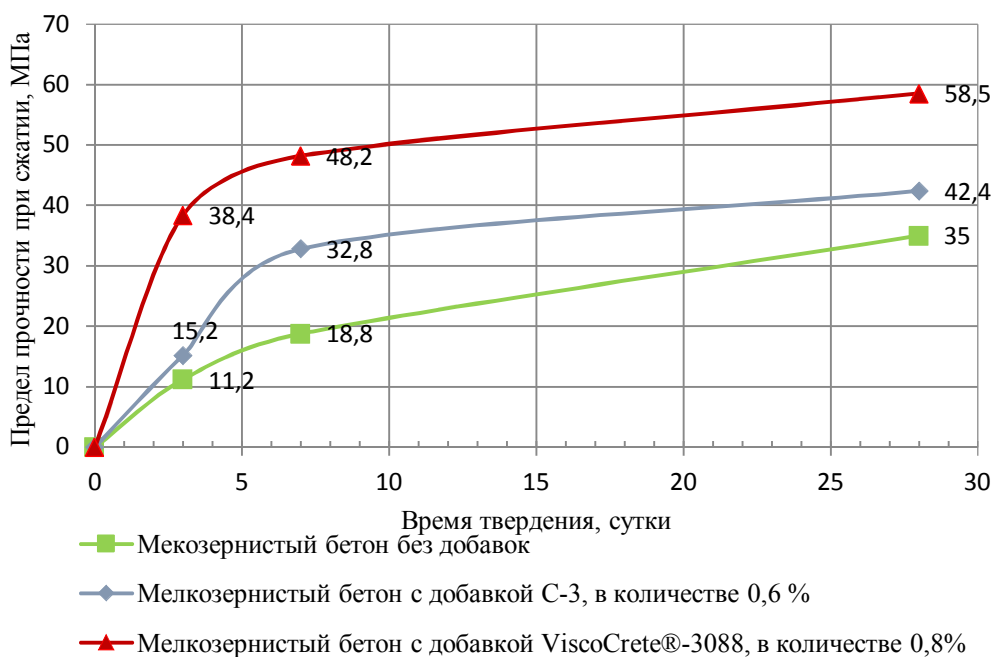


Рис. 3. Кинетика набора прочности мелкозернистого бетона с пластифицирующими добавками

Прирост прочности мелкозернистого бетона при применении суперпластификатора С-3 меньше, чем при использовании добавки ViscoCrete®-3088, что коррелирует с водоредуцирующей способностью этих добавок.

Предел прочности всех видов полученных мелкозернистых бетонов в 2–3 раза превышает требования нормативных документов (не менее 20 МПа). Поэтому для обеспечения прочности декоративного камня из мелкозернистого бетона, соответствующей требованиям нормативных документов, рассмотрена возможность сокра-

щения расхода вяжущего вещества при применении суперпластификаторов. Однако, при малом расходе вяжущего вещества не представляется возможным обеспечить надлежащее качество поверхности изделия, так как удобоукладываемость бетонной смеси улучшается с увеличением объема цементного теста в бетонной смеси. Поскольку для производства декоративного мелкозернистого бетона используется относительно дорогой белый портландцемент, то с целью снижения материальных затрат, представляется целесообразным применять наполни-

тели, заменяя ими часть цемента. Введение наполнителя обуславливает получение необходимого объема теста связующего, обеспечивающего образование достаточной толщины обмазки на поверхности зерен заполнителя, и, благодаря этому, получение заданной удобоукладываемости смеси и гладкой, без раковин поверхности изделия [2, 4, 8, 10, 11].

При использовании белого цемента традиционно, с целью не снижения белизны изделия, в качестве наполнителя применяют измельченные известняки. Известно, что карбонатные частицы способны оказывать положительное влияние на процессы структурообразования компо-

зиционных цементных материалов, играя роль каркасообразующего компонента, служат центрами кристаллизации, выступают в качестве затравок и зонировуют новообразования, создавая контактные слои с новыми физико-химическими связями [8, 10].

Для снижения стоимости сырьевых компонентов в качестве наполнителя использовали карбонаткальцевый отход производства нитроаммофоски (конверсионный мел). Химический состав и технологические свойства карбонаткальцевого отхода представлены в таблицах 1,2 [8, 12–15].

Таблица 1

Химический состав карбонаткальцевого отхода

Содержание вещества, %							
CaCO ₃	NH ₄ NO ₃	SiO ₂ (по сухому)	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	Ca(OH) ₂	P ₂ O ₅	Избыточный аммиак	Прочие
86,0	3,66	3,66	0,33-0,35	2,0	5	0,5	0,49–1,5

Таблица 2

Технологические характеристики карбонаткальцевого отхода

Удельная площадь поверхности см ² /г	Истинная плотность, кг/м ³	Межзерновая пустотность, %	Насыпная плотность, кг/м ³	Теплота смачивания, кДж/кг
700–800	2530	54÷55	1160	5,8

Применение данного наполнителя позволит сократить расход цемента и одновременно утилизировать отход производства, улучшая тем самым экологическую обстановку в местах его образования и захоронения [8, 12–15].

Рассмотрено комплексное влияние пластифицирующей добавки ViscoCrete®-3088 и наполнителя – карбонаткальцевого отхода производства нитроаммофоски на прочность декоративного мелкозернистого бетона.

Наполнитель в количестве 10–50 % от массы связующего (цемент + наполнитель) предварительно смешивался с цементом, после чего

приготавливалась смесь для мелкозернистого бетона по выше описанной методике.

При использовании карбонаткальцевого отхода и суперпластификатора ViscoCrete®-3088 водопотребность бетонной смеси снижается по сравнению с бетонной смесью с суперпластификатором, но без наполнителя. При введении 10 % наполнителя В/Т составляет 0,37, а при введении наполнителя 50 % В/Т составляет 0,33.

Влияние минерального наполнителя и суперпластификатора на прочностные показатели декоративного мелкозернистого бетона представлено на рис. 4.

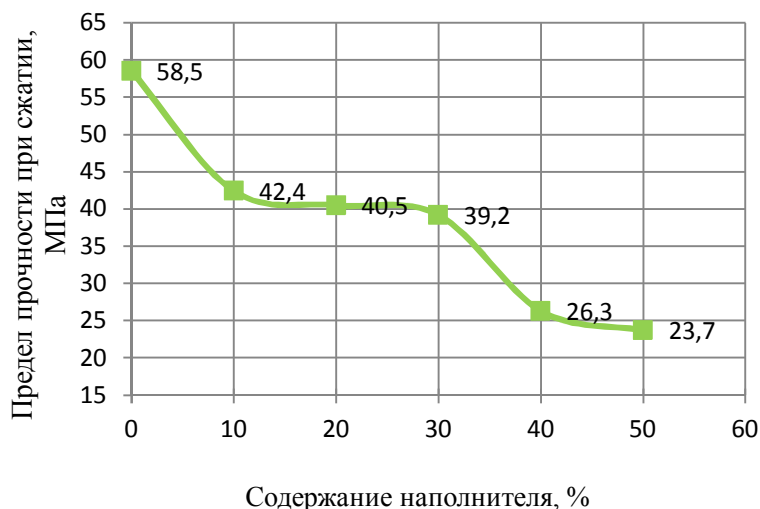


Рис. 4. Влияние содержания наполнителя и пластифицирующей добавки ViscoCrete®-3088 (0,8 %) на прочность декоративного мелкозернистого бетона в возрасте 28 суток

Применение карбонаткальцевого наполнителя привело к снижению прочности уже при введении его в количестве 10 %, что обусловлено снижением цементной составляющей при одинаковом водотвердом отношении. При введении 20–30 % наполнителя дальнейшее снижение прочностных показателей происходит незначительно, что обусловлено уменьшением водотвердого отношения и только при добавлении 40–50 % наполнителя происходит значительный спад прочности до требуемых 20 МПа, что связано с существенным сокращением цементной составляющей. Тот фактор, что карбонатный наполнитель имеет химическое сродство с цементом, по крупности занимает промежуточное положение между цементными и песчаными частицами, позволил получить мелкозернистый бетон с гладкой поверхностью и требуемыми механическими свойствами.

Выводы. В ходе проведения исследований установлено, что исследуемые добавки (С-3 и ViscoCrete®-3088) обладают пластифицирующе-водоредуцирующей способностью и наибольшим водоредуцирующим эффектом обладает добавка ViscoCrete®-3088, что обусловлено ее строением; оказывают положительное влияние на прочностные показатели декоративного мелкозернистого бетона на основе белого цемента на протяжении всего периода твердения бетона. Наиболее высокие прочностные показатели получены при использовании добавки ViscoCrete®-3088 (добавка основе поликарбонатных) при оптимальной дозировке 0,6–1 %. С целью экономии белого портландцемента, для декоративного камня на основе мелкозернистого бетона с пределом прочности при сжатии не менее 20 МПа, можно рекомендовать использование карбонаткальцевых отходов с заменой до 30–40 % цемента на карбонаткальцевый отход в сочетании с пластифицирующей добавкой ViscoCrete®-3088.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Дондуков В.Г. Цементы и добавки для производства высокопрочных бетонов // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 4–10.
2. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2006. 368 с.
3. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Изд-во «Палеотип». 2006. 244 с.
4. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы учебно-справочное пособие: 2е изд. Ростов н/д: Из-во Феникс. 2007. 211 с.
5. Косухин М.М., Косухин А.М., Богачева М.А., Шаповалов Н.А. Изучение влияния различных по природе суперпластификаторов на реологию водных суспензии клинкерных минералов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №10. С. 129–134.
6. Lothenbach В., Winnefeld F., Figi R. The influence of superplasticizers on the hydration of Portland cement // Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement. Montreal. 2007. Pp. 211–233.
7. Bullard J.W., Jennings H.M., Livingston R.A., et.al. Mechanisms of cement hydration // Cement and Concrete Research. 2011. № 41. Pp. 1208–1223.
8. Крылова А.В., Ткаченко Т.Ф., Перцев В.Т. Эффективные модификаторы цементных систем на основе техногенных отходов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2012. № 5. С. 61–63.
9. Косухин М.М., Косухин А.М. Теоретические и методологические основы создания полифункциональных модификаторов монолитных бетонов для проведения реконструкционных работ // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №1. С. 23–32.
10. Белов В.В., Куляев П.В. Принципы проектирования мелкозернистых карбонатных бетонов повышенной трещиностойкости // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 44–47.
11. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Толстой А.Д., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 101–109.
12. Чернышов Е.М., Акулова И.И., Потамошнев Н.Д., Баранов Е.В. Управление утилизацией техногенных отходов в производстве строительных материалов при формировании территориально-промышленных кластеров региона // Известия юго-западного государственного университета. 2011. №5-2 (38). С. 19–32.
13. Кукина О.Б. Техногенные карбонаткальцевые отходы и технология их использования в строительных материалах с учетом структурообразующей роли: Автореф. дис. канд. техн. наук. Воронеж, 2002. 20 с.
14. Кукина О.Б. Карбонаткальцевые отходы для строительных материалов. Структурообразующая роль карбонаткальцевых отходов в бесклинкерных и клинкерных системах твердения. Саарбрюккен: Изд-во LAP LAMBERT. 2013. 109 с.
15. Чернышов Е.М., Потамошнев Н.Д. Развитие методологии, теории и научно-

прикладных основ строительной-технологической утилизации неорганических техногенных отходов // Вестник центрального

регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2016. № 15. С. 124–148.

Информация об авторах

Баранов Евгений Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций.

E-mail: baranov.evg@mail.ru

Воронежский государственный технический университет.

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84

Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14

Шелковникова Татьяна Иннокентьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций.

E-mail: tschelk@mail.ru

Воронежский государственный технический университет.

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14.

Хорунжий Татьяна Михайловна, магистрант кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций.

E-mail: baranov.evg@mail.ru

Воронежский государственный технический университет.

Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84.

Россия, 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14.

Поступила в февраль 2018 г.

© Баранов Е.В., Шелковникова Т.И., Хорунжий Т.М., 2018

**E.V. Baranov, T.I. Shelkovich, T.M. Khorunzhiy
DECORATIVE FINE-GRAINED MODIFIED CONCRETE WITH PLASTIZING ADDITIVE
AND FILLER**

Decorative fine-grained concrete is one of the effective finishing materials which possess the necessary complex of building-technological and decorative properties. Improving the efficiency and quality of decorative fine-grained concrete can be successfully solved with the use of various types of additives. For the purposeful regulation of the properties of a fine-grained concrete mixture based on white Portland cement and concrete, the influence of various types of superplasticizers used as additives was studied (with a linear form of a polymer chain based on sulfonated naphthalene formaldehyde resins and cross-linked two- or three-dimensional polymeric chain forms based on modified polycarboxylate). In order to save white Portland cement in production of decorative stone of light tones from fine-grained concrete it is proposed to use calcium carbonate waste as filler.

Keywords: decorative fine-grained concrete, plasticizing additives, calcium carbonate waste

REFERENCES

1. Kaprielov S.S., Sheinfel'd A.V., Dondukov V.G. Cements and additives for the production of high-strength concretes // Stroitel'nye materialy, 2017, no. 7, pp. 4–10.

2. Bazhenov Ju.M., Dem'janova V.S., Kalashnikov V.I. Modified highquality concrete. Moskva: ASV. 2006, 368 p.

3. Izotov V.S., Sokolova Ju.A. Chemical additives for concrete modification. Moskva: «Paleo-tip». 2006, 244 p.

4. Kastornyh L.I. Additives in concrete and mortar. Rostov n/d: Feniks. 2007, 211p.

5. Kosuhin M.M., Kosuhin A.M., Bogacheva M.A., Shapovalov N.A. The study of the effect of various superplasticizers on the rheology of aqueous suspensions of clinker minerals // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 10, pp. 129–134.

6. Lothenbach B., Winnefeld F., Figi R. The influence of superplasticizers on the hydration of Portland cement // Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement. Montreal, 2007, pp. 211–233.

7. Bullard J.W., Jennings H.M., Livingston R.A., et.al. Mechanisms of cement hydration // Cement and Concrete Research, 2011, no. 41, pp. 1208-1223.

8. Krylova A.V., Tkachenko T.F., Percev V.T. Effective modifiers of cement systems based on man-made waste // Scientific bulletin of the Voronezh State Architectural and Construction University. Series: Physico-chemical problems and high technologies of building materials science, 2012, no. 5, pp. 61–63.

9. Kosuhin M.M., Kosuhin A.M. Theoretical and methodological foundations for the creation of polyfunctional modifiers for monolithic concrete for reconstruction works // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2017, no. 1, pp. 23–32.

10. Belov V.V., Kuljaev P.V. Principles of designing fine-grained carbonate concretes with increased crack resistance // Stroitel'nye materialy, 2017, no. 7, pp. 44–47.

11. Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Tolstoy A.D., Kovaleva I.A. Powdered concrete using technogenic raw materials // Bulletin MGSU, 2015, no. 11, pp. 101–109.

12. Chernyshov E.M., Akulova I.I., Potamoshneva N.D., Baranov E.V. Managing the utilization

of man-made waste in the production of building materials in the formation of territorial and industrial clusters of the region // Izvestiya of the South-Western State University, 2011, no. 5-2 (38), pp. 19–32.

13. Kukina O.B. Technogenic carbonaceous waste and technology of their use in building materials taking into account the structure-forming role. Voronezh: VGASA. 2002, 20 p.

14. Kukina O.B. Carbonate waste for building materials. Structure-forming role of carbonaceous waste in clinkerless and clinker hardening systems. Saarbrücken: LAPLAMBERT. 2013, 109 p.

15. Chernyshov E.M., Potamoshneva N.D. Development of methodology, theory and scientific and applied principles of construction and technological utilization of inorganic man-caused waste // Bulletin of the Central Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, 2016, no. 15, pp. 124–148.

Information about the author

Evgeny V. Baranov, PhD, Assistant professor.

E-mail: baranov.evg@mail.ru

Voronezh State Technical University.

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84.

Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky as, 14.

Tatyana I. Shelkovich, PhD, Assistant professor.

E-mail: tschelk@mail.ru.

Voronezh State Technical University.

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84.

Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky as, 14.

Tatyana M. Khorunzhiy, Master student.

E-mail: baranov.evg@mail.ru

Voronezh State Technical University.

Russia, 394006, Voronezh, st. 20 let Oktyabrya, 84.

Russia, 394026, Voronezh, Moskovsky as, 14.

Received in February 2018