

УДК 666.972.1:620.193

*ШЕПЕЛЕНКО ТАТЬЯНА СТАНИСЛАВОВНА, канд. хим. наук, доцент,
shepta72@mail.ru*

*ЗУБКОВА ОЛЬГА АЛЕКСАНДРОВНА, канд. техн. наук, доцент,
zubkova0506@mail.ru*

*СУББОТИНА НАТАЛЬЯ ВАЛЕРЬЕВНА, ст. преподаватель,
subnv@sibmail.com*

*ЛУЧНИКОВА ЕКАТЕРИНА ЕВГЕНЬЕВНА, студентка,
ikichan@yandex.ru*

*ЗЫКЕЕВ ГРИГОРИЙ АНДРЕЕВИЧ, студент,
ashirg94@gmail.com*

*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2*

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЦЕМЕНТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ САХАРОЗУ

В работе изучена возможность замещения части бездобавочного цемента класса ЦЕМ I 32,5Н на модифицированный растворами сахарозы ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н, содержащий до 20 % гранулированных доменных шлаков. Показано, что при замещении 10 % ЦЕМ I на модифицированный 0,1%-м раствором сахарозы ЦЕМ II получен композит, отличающийся повышенной прочностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Частичная замена портландцемента модифицированным шлакопортландцементом может быть рекомендована в качестве эффективного приема, позволяющего не только увеличить прочность и улучшить реологические свойства и коррозионную стойкость вяжущего, но и снизить стоимость цементного строительного материала.

Ключевые слова: цемент; сахароза; коррозия; добавка; прочность.

*TATYANA S. SHEPELENKO, PhD, A/Professor,
shepta72@mail.ru*

*OLGA A. ZUBKOVA, PhD, A/Professor,
zubkova0506@mail.ru*

*NATALYA V. SUBBOTINA, Senior Lecturer,
subnv@sibmail.com*

*EKATERINA E. LYCHNIKOVA, Student,
ikichan@yandex.ru*

*GRIGORY A. ZYKEEV, Student,
ashirg94@gmail.com*

*Tomsk State University of Architecture and Building,
2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia*

SUCROSE-CONTAINING COMPOSITE CEMENTS

The paper considers the possibility of substituting a part of the type 32.5N plain cement of CEM I class by the type 32.5N cement of CEM II/A-Sh class modified by sucrose solutions containing 20 % of granulated furnace slags. It is shown that in substituting 10 % CEM I by CEM II class cement modified by 0.1 % sucrose solution, the obtained composite is characterized by the increased strength and improved performance characteristics. Partial replacement of Portland cement with modified Portland furnace slag cement can be recommended as an ef-

fective method, which not only increases strength properties and improves rheological properties and corrosion resistance, but also reduces the cost of cement building material.

Keywords: cement; sucrose; corrosion; additive; strength.

Введение

Современные высокофункциональные бетоны должны обладать целым комплексом взаимозависимых свойств – высокой прочностью, низкой проницаемостью, повышенной морозостойкостью и долговечностью, которые во многом определяются составом вяжущего.

По общему признанию специалистов, работающих в сфере строительных технологий и материаловедения, наиболее простым, экономичным и эффективным способом улучшения качества бетона, позволяющим направленно регулировать свойства бетонных смесей, является использование добавок [1, 2]. В последние десятилетия широко практикуется замещение части цемента в составе бетонной смеси минеральными добавками природного и техногенного происхождения. Это цеолитсодержащие и карбонатные породы, микрокремнезем, золы, шлаки, тонкомолотые добавки цементного камня и бетона и др. По данным [3], первое место среди таких добавок по объему и значению для строительной промышленности принадлежит доменному шлаку – побочному продукту выплавки чугуна из железных руд. Установлено, что использование доменных шлаков увеличивает производительность вращающихся печей на 13–20 %, снижает расход сырьевых материалов на 1 т клинкера на 12 %, удельный расход топлива – до 15 %. Кроме того, шлак как активная добавка значительно улучшает ряд строительно-технических свойств цемента. Так, авторы последних научных разработок считают, что замещение части вяжущего в составе бетонной смеси шлаком способствует увеличению прочности, коррозионной стойкости и уменьшению усадочных деформаций строительных композитов [4–10].

В статье [11] показано, что добавки, синтезированные путем экспозиции портландцемента, содержащего 20 % гранулированных доменных шлаков (ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н), в разбавленных растворах сахарозы способствуют ускорению схватывания и упрочнению цементных композитов.

Используя приведенную выше научно-техническую информацию, а также учитывая результаты предыдущей публикации [11], авторы определили целью настоящей работы изучение возможности составления рецептуры строительного композита с улучшенными эксплуатационными характеристиками путем замещения части бездобавочного цемента ЦЕМ I 32,5Н на цемент ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н, модифицированный растворами сахарозы.

Экспериментальная часть

Для выполнения поставленной цели авторы настоящей работы предприняли 2 серии экспериментальных работ, в ходе которых композиционные вяжущие были изготовлены путем смешивания цемента ЦЕМ I 32,5Н и ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н в разных массовых соотношениях (далее по тексту, для краткости – ЦЕМ I и ЦЕМ II). При этом цемент, содержащий 20 % гранулированных доменных шлаков (ЦЕМ II), экспонировался в растворах сахарозы в условиях избытка жидкой фазы; концентрация углевода в растворе в пер-

вой серии экспериментов составляла 0,5 %, во второй – 0,1 %. После окончания времени экспозиции твердая часть суспензии отделялась от жидкой методом фильтрования, подсушивалась на воздухе, усреднялась и доводилась до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (ГОСТ 5382–91). Подготовленные таким образом образцы модифицированного цемента ЦЕМ II смешивались с цементом ЦЕМ I, не содержащим добавок, и затворялись водой.

В режиме нормального твердения ($V/C = 0,34$) в форме кубиков с ребром 2 см были получены (табл.1):

- контрольные образцы ЦЕМ I и ЦЕМ II;
- контрольные камни смешанного состава, не содержащие сахарозу – I 90-II 10 и I 10-II 90 (состав I 90-II 10 соответствует 90 % масс. ЦЕМ I и 10 % масс. ЦЕМ II; состав I 10-II 90 – 10 % масс. ЦЕМ I и 90 % масс. ЦЕМ II);
- камни композиционного состава, содержащие сахарозу: S90-0,5–S10-0,5 – I серия; S50-0,1–S10-0,1 – II серия. Состав S90-0,5 соответствует ЦЕМ I, в котором 90 % масс. замещено на ЦЕМ II, обработанный 0,5%-м раствором сахарозы; состав S10-0,5: ЦЕМ I, в котором 10 % масс. замещено на ЦЕМ II, обработанный 0,5%-м раствором сахарозы, и т. д.; S10-0,1 аналогичен последнему за исключением концентрации сахарозы – в этом случае 0,1 %.

В возрасте 28 сут камни подвергались измерению на прочность при сжатии.

Составы композиционных цементов, значения прочности при сжатии (R , МПа), а также величины изменения прочности (убыли или прироста) относительно контрольных образцов (ΔR , %) представлены в табл. 1. В табл. 2 приведены результаты исследования камней методом ИК-спектроскопии. ИК-спектры регистрировались Фурье-спектрометром марки Varian Excalibur HE 3600 в ряду частот $400\text{--}4000 \text{ см}^{-1}$.

Таблица 1

Состав и прочностные характеристики композиционных цементов

№ п/п	Шифр добавки	Состав добавки	Шифр ЦК	Состав композиционных ЦК, % масс.		R , МПа	ΔR , %
				ЦЕМ I 32,5Н	ЦЕМ II/A-III 32,5Н		
Контрольные цементные камни (без добавок)							
1	–	–	ЦЕМ I	100	–	61,9	–
2	–	–	ЦЕМ II	–	100	53,1	–
Контрольные цементные камни смешанного состава, не содержащие сахарозу							
3	–	–	I 90-II 10	90	10	59,2	–
4	–	–	I 10-II 90	10	90	52,1	–
Композиционные цементные камни, содержащие сахарозу							
I серия: концентрация раствора сахарозы 0,5 %							
5	ЦII–0,5S	ЦЕМ II + 0,5% раствор сахарозы	S90-0,5	10	90	2,8	–95
6			S50-0,5	50	50	44,2	–
7			S20-0,5	80	20	60,3	–
8			S10-0,5	90	10	67,8	+15

Окончание табл. 1

№ п/п	Шифр добавки	Состав добавки	Шифр ЦК	Состав композиционных ЦК, % масс.		R, МПа	ΔR , %
				ЦЕМ I 32,5Н	ЦЕМ II/A-III 32,5Н		
II серия: концентрация раствора сахарозы 0,1 %							
9	ЦП-0,1S	ЦЕМ II + 0,1% раствор сахарозы	S50-0,1	50	50	45,3	–
10			S20-0,1	80	20	64,4	–
11			S10-0,1	90	10	70,4	+19

Таблица 2

Величина отношения интенсивности полос поглощения композиционных образцов S90-0,5 и S10-0,5 ($I_{S90-0,5}/I_{S10-0,5}$) по данным ИК-спектроскопии

№ п/п	Максимум линии поглощения, см^{-1}	Ссылка (Х. Тейлор, А. Пащенко, В. Горшков)	$I_{S90-0,5}/I_{S10-0,5}$
1	3640	ОН-группы в составе портландита	0,8
2	3400	Валентные колебания ОН-групп, а также молекул H_2O в кристаллогидратах	1,6
3	1650	Характеристическая область поглощения молекул H_2O	1,3
4	1480	Колебания связей в составе межслоевой воды	1,8
5	1104	Валентные колебания $(\text{AlO}_4)^-$	1,5
6	616	Деформационные колебания $(\text{AlO}_4)^-$	1,2

Результаты и их обсуждение

Влияние сахарозы на кинетику твердения цементных систем хорошо изучено. Так, растворы сахарозы в интервале концентраций от 0,7 до 2 % способны значительно замедлять процессы схватывания и твердения цемента [11–16]. Характерно, что в начальный период взаимодействия сахараоза оказывает пептизирующее действие и усиливает растворимость частиц вяжущего. Однако в связи с образованием комплексных органоминеральных соединений сложной геометрической структуры, проявляющих хемосорбционную активность, поверхности исходных и гидратирующихся фаз цемента превращаются в закрытые адсорбционными пленками, устойчивые, изолированные элементы структуры, неспособные к нормальной гидратации. Доказано, что сахараоза изменяет морфологию *AFT* и *CSH*, вызывая искаженные состояния структуры этих фаз, сохраняющиеся во времени. Физико-химические исследования модифицированных сахараозой образцов методами ДТА и РФА показали, что явления, связанные со стабилизацией поверхностных комплексов, включающих

силикатные фазы вяжущего, сахарозу и воду, а также торможение перекристаллизации этtringита в моноссульфоалюминат обусловлены способностью гидроксильных групп сахарозы к образованию водородных связей и усиливаются при увеличении концентрации углевода. Критическая концентрация агрессивного агента в растворе, при которой роль адсорбционных пленок резко возрастает, составляет 0,7 % [13, 17, 18].

В работах [11, 16] приведены результаты использования водного раствора сахарозы 1%-й и 2%-й концентрации в качестве жидкости затворения. Отмечено, что при взаимодействии цемента с 1%-м раствором сахарозы вяжущее теряет способность к схватыванию вплоть до 7-суточного возраста. Прочность цементного камня при сжатии по достижении 28 сут составляет 2,6 МПа. Увеличение концентрации сахарозы до 2 % приводит к резкому уменьшению вяжущих свойств цемента: в процессе распалубки образцы рассыпаются и не обнаруживают схватывания на протяжении всего испытательного периода. При этом показано, что агрессивное поведение сахарозы изменяется с точностью до наоборот при изменении способа введения органического модификатора в систему «цемент – вода». Установлено, что применение продуктов сахарной коррозии цемента, синтезированных в суспензии «цемент – вода – 2%-й раствор сахарозы» в качестве добавки в цемент в количестве 0,1 % от массы сухого вяжущего, увеличивает суточную прочность композита на 100 %, а в 28-суточном возрасте прирост прочности относительно бездобавочного цементного камня составляет 34 %.

С учетом предыдущего опыта авторы настоящей работы сохранили описанный выше способ введения сахарозы в цементную смесь в составе добавок, синтезированных в суспензиях «цемент – вода – сахароза», значительно уменьшив концентрацию дисахарида – до 0,5 % в I серии опытов и до 1 % во второй серии; количество цемента, обработанного сахарозой, варьировалось в интервале 10–90 % (табл. 1).

Результаты первой серии экспериментов (концентрация раствора сахарозы 0,5 %) показали, что значения прочности возрастают в направлении уменьшения в составе цементного композита количества модифицированного сахарозой ЦЕМ II. Так, при замещении 90 % портландцемента ЦЕМ I модифицированным шлакопортландцементом (образец обозначен шифром S90-0,5) марочная прочность составила 2,8 МПа. При обратной раскладке, т. е. замещении 10 % ЦЕМ I добавкой, синтезированной в суспензии «ЦЕМ II–0,5%-й раствор сахарозы» (добавка «Ц II–0,5S»), значение прочности при сжатии увеличилось до 67,8 МПа (образец S10-0,5), что на 15 % превышает по этому показателю контрольную величину для образца смешанного состава, не содержащего сахарозу (табл. 1) I 10-II 90 (10 % ЦЕМ I и 90 % ЦЕМ II).

Сравнительный анализ ИК-спектров образцов S90-0,5 и S10-0,5 показал закономерно резкое отличие в состоянии структуры модифицированных композитов. Так, в спектрограмме S90-0,5 сохраняются полосы поглощения, характерные для негидратированного цемента – 920 и 512 см⁻¹, фиксирующие валентные и деформационные колебания связей Si–O–Ca. Наблюдается также снижение интенсивности сигнала и уплощение соответствующего ему пика с максимумом 3640 см⁻¹, отвечающего за колебания ОН-групп в составе портландита. Приве-

денные данные свидетельствуют о подавлении сахарозой гидратации силикатных фаз – алита и белита при замещении 90 % ЦЕМ I модифицированным шлакопортландцементом. Сахароза значительно тормозит и гидратацию алюминийсодержащих фаз – C_3A и C_4AF в составе S90-0,5. Доказательством этого служит сохранение в спектре композита двух из четырех линий негидратированного вяжущего в интервале $600\text{--}700\text{ см}^{-1}$ (616 и 712 см^{-1}), описывающих деформационные колебания $(AlO_4)^-$, а интенсивность полосы 1104 см^{-1} (валентные колебания $(AlO_4)^-$) в 1,5 раза превышает зарегистрированную для S10-0,5 (табл. 2).

В спектре S10-0,5 имеют место противоположные изменения, доказывающие гидравлическую активность композита, полученного замещением 10 % ЦЕМ I добавкой «Ц II–0,5S»: пик 920 см^{-1} смещается в более коротковолновую область с максимумом 954 см^{-1} , а полоса 512 см^{-1} исчезает. Сигнал в области 3640 см^{-1} более интенсивный по сравнению с измеренным для S90-0,5 и приобретает острую форму. О гидратации C_3A и C_4AF -фаз свидетельствует отсутствие спектральных линий в диапазоне $600\text{--}700\text{ см}^{-1}$ и существенное (на 50 %) снижение поглощения с максимумом 1104 см^{-1} (табл. 2).

Интересен факт значительного увеличения сигналов в спектре S90-0,5, описывающих колебания молекул воды. Так, в характеристической для воды области (1650 см^{-1}) интенсивность поглощения композита относительно S10-0,5 возрастает в 1,3 раза; в области с максимумом 3400 см^{-1} , где имеет место наложение колебаний H_2O в кристаллогидратах и OH-групп сахарозы, – в 1,6 раза; в части спектра, ответственной за колебания межслоевой воды (1480 см^{-1}), – в 1,8 раза (табл. 2).

Распределение межслоевой воды в составе ГСК и ее количество играют важную роль в формировании структуры гидросиликатного геля. Данные, зафиксированные с помощью ИК-спектроскопии, показывают, что при замещении 10 % ЦЕМ I модифицированным шлакопортландцементом сахароза выполняет положительную функцию, способствуя вытеснению молекул воды из межслоевого пространства CSH и облегчая адгезионное сцепление слоев ГСК. Такое воздействие приводит к пластификации и увеличению прочности цементной системы [16]. 90%-е замещение ЦЕМ I на модифицированный сахарозой ЦЕМ II приводит к резкому усилению влияния адсорбционных пленок, экранирующих частицы цемента друг от друга и препятствующих протеканию гидратации вяжущего.

Из результатов, представленных в табл. 1, видно, что лучший результат по прочности при сжатии получен во второй серии экспериментов, отличающейся от первой серии уменьшением концентрации сахарозы до 0,1 %. Так, прочность композита, полученного путем замещения 10 % ЦЕМ I на модифицированный 0,1%-м раствором сахарозы ЦЕМ II, на 19 % превышает контрольное значение прочности цемента смешанного состава I 10-II 90, не содержащего сахарозу.

Заключение

Таким образом, замещением 10 % цемента класса ЦЕМ I 32,5Н на модифицированный 0,1%-м раствором сахарозы ЦЕМ II/A-III 32,5Н, содержащий 20 % гранулированных шлаков, получен композит, отличающийся по

вышенной прочностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Частичная замена портландцемента модифицированным шлакопортландцементом может быть использована на практике в качестве эффективного приема, позволяющего не только увеличить прочность и улучшить реологические свойства и коррозионную стойкость вяжущего, но и снизить стоимость строительных материалов, выполненных на его основе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вовк, А.И.* Современные добавки для современного строительства / А.И. Вовк // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 34–35.
2. *Ушеров-Маршак, А.В.* Добавки в бетон: прогресс и проблемы / А.В. Ушеров-Маршак // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 8–12.
3. *Дворкин, Л.И.* Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 352 с.
4. *Демис, С.* Влияние цемента на долговечность бетона / С. Демис, В.Г. Попадакис // Цемент и его применение. – 2013. – № 6. – С. 80–86.
5. *Tamini, A.K.* Prediction of long term chloride diffusion of concrete in harsh environment / A.K. Tamini, J.A. Abdalla, Z.I. Sakha // Construction and Building Materials. – 2008. – V. 22. – P. 829–836.
6. *Хахалева, Е.Н.* Коррозионная стойкость мелкозернистого бетона в агрессивных средах сложного состава : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Белгород, 2005. – 20 с.
7. *Young-jin, K.* A study on the alkali-aggregate reaction in high-strength concrete with particular respect to the ground granulated blast-furnace slag effect / K. Young-jin // Cement and Concrete Research. – 2005. – V. 35. – № 7. – P. 1305–1313.
8. *The mechanism of granulated blastfurnace slag preventing alkali aggregate reaction / Q.L. Zhao, J. Stark, E. Freyburg, M. K. Zhou // International Baustofftagung IBAUSIL. Weimar. – 2009.*
9. *Ибе, Е.Е.* Гидротехнический бетон на композиционном портландцементе с минеральными добавками, содержащими высокоглиноземистые шлаки : дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2016. – 152 с.
10. *Малова, Е.Ю.* Композиционные портландцементы с карбонатсодержащими добавками и бетоны на их основе : дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2015. – 161 с.
11. *Акимова, Н.В.* Влияние продуктов сахарной коррозии цемента на кинетику структурообразования системы «цемент – вода» / Н.В. Акимова, Т.С. Шепеленко, Д.Ю. Саркисов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 6. – С. 126–134
12. *Киреев, Ю.Л.* О взаимодействии минералов портландцементного клинкера с раствором сахара / Ю.Л. Киреев, Л.Л. Нестерова, И.Г. Лучинина // Цемент. – 1999. – № 4. – С. 19–21.
13. *Juenger, M.C.* New insights into the effect of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes / M.C. Juenger // Cement and Concrete Research. – 2002. – V. 32. – № 3. – P. 393–399.
14. *Иващенко, Ю.Г.* Исследование влияния комплексного органоминерального модификатора на процессы структурообразования и кинетику набора прочности цементных композиций / Ю.Г. Иващенко, Н.А. Козлов // Вестник БГТУ им. Шухова. Серия: Стр-во и архитектура. – 2011. – № 4 (49). – С. 15–18.
15. *Иващенко, Ю.Г.* Модифицирующее действие органических добавок на цементные композиционные материалы / Ю.Г. Иващенко // Вестник СГТУ. – 2012. – № 4 (68). – С. 202–205.
16. *Structure-forming processes of cement composites, modified by sucrose additions / T.S. Shepelenko, Y.S. Sarkisov, N.P. Gorlenko [et. al.] // Magazine of Civil Engineering. – 2016. – № 6. – P. 3–11.*
17. *Рамачандран, В.С.* Добавки в бетон : справочное пособие / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди. – М. : Стройиздат, 1988. – 575 с.
18. *Шошин, Е.А.* Структурообразование цементного камня в присутствии изомерных углеводов / Е.А. Шошин, Н.Н. Былинкина // Вестник СГТУ. – 2012. – № 3 (67). – С. 230–236.

REFERENCES

1. Vovk A.I. Sovremennye dobavki dlya sovremennogo stroitel'stva kamnya [Modern additives for modern construction]. *Stroitel'nye materialy*. 2006. No. 10. Pp. 34–35. (rus)
2. Usharov-Marshak A.V. Dobavki v beton: progress i problemy [Additives in concrete: progress and problems]. *Stroitel'nye materialy*. 2006. No. 10. Pp. 8–12. (rus)
3. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Stroitel'nye materialy iz otkhodov promyshlennosti [Building materials from industrial waste]. Rostov-on-Don: Feniks Publ., 2007. 352 p. (rus)
4. Demis S., Popadakis V.G. Vliyaniye tsementa na dolgovechnost' betona [Cement effect on concrete durability]. *Tsement i ego primenenie*. 2013. No. 6. Pp. 80–86. (rus)
5. Tamini A.K., Abdalla J.A., Sakha Z.I. Prediction of long term chloride diffusion of concrete in harsh environment. *Construction and Building Materials*. 2008. V. 22. Pp. 829–836.
6. Khakhaleva E.N. Korroziya stoikost' melkozernistogo betona v agres-sivnykh sredakh slozhnogo sostava [Corrosion resistance of fine-grained concrete in aggressive environments of complex composition. PhD Abstract]. Belgorod, 2005. 20 p. (rus)
7. Young-jin K. A study on the alkali-aggregate reaction in high-strength concrete with particular respect to the ground granulated blast-furnace slag effect. *Cement and Concrete Research*. 2005. V. 35. No. 7. Pp. 1305–1313.
8. Zhao Q.L., Stark J., Freyburg E., Zhou M.K. The mechanism of granulated blast furnace slag preventing alkali aggregate reaction. *International Baustofftagung IBAUSIL*. Weimar, 2009.
9. Ibe E.E. Gidrotekhnicheskii beton na kompozitsionnom portlandsemente s mineral'nymi dobavkami, sodержashchimi vysokoglinozemistye shlaki: diss.... kand. tekhn. nauk [Hydrotechnical concrete on composite Portland cement with mineral additives containing high-alumina slags. PhD Thesis]. Barnaul, 2016. 152 p. (rus)
10. Malova E.Yu. Kompozitsionnye portlandsementy s karbonatsoderzhashchimi dobavkami i betony na ikh osnove. [Composite Portland cements with carbonate-containing additives and concretes made therefrom. PhD Thesis]. Barnaul, 2015. 161 p. (rus)
11. Akimova N.V., Shepelenko T.S., Sarkisov D.Yu. Vliyaniye produktov sakharnoi korrozii tsementa na ki-netiku strukturoobrazovaniya sistemy 'tsement – voda' [Corrosive effect of sucrose on structure formation of cement/water system]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015. No. 6. Pp. 126–134. (rus)
12. Kireev Yu.L., Nesterova L.L., Luchinina I.G. O vzaimodeistvii mineralov portlandsementnogo klin-kera s rastvorom sakhara [Interaction of minerals with Portland cement clinker with sugar solution]. *Tsement*. 1999. No. 4. Pp. 19–21. (rus)
13. Juenger M.C. New insights into the effect of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes. *Cement and Concrete Research*. 2002. V. 32. No. 3. Pp. 393–399.
14. Ivashchenko Yu.G., Kozlov N.A. Issledovanie vliyaniya organomineral'nogo modi-fikatora na protsessy strukturoobrazovaniya i kinetiku nabora prochnosti tsementnykh kompozitsii [Influence of organic modifier on structure formation and curing kinetics of cement compositions]. *Vestnik BGTU im. Shukhova. Seriya: Str-vo i arkhitektura*. 2011. No. 4 (49). Pp. 15–18. (rus)
15. Ivashchenko Yu.G. Modifitsiruyushchee deistvie organicheskikh dobavok na tsementnye kompozitsionnye materialy [Modifying effect of organic additives on cement composites]. *Vestnik SGTU*. 2012. No. 4 (68). Pp. 202–205. (rus)
16. Shepelenko T.S., Sarkisov Y.S., Gorlenko N.P., et. al. Structure-forming processes of cement composites, modified by sucrose additions. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 6. Pp. 3–11.
17. Ramachandran V.S., Fel'dman R.F., Kolleparadi M. Dobavki v beton [Additives in concrete]. Moscow: Stroyizdat Publ., 1988. 575 p. (rus)
18. Shoshin E.A., Bylinkina N.N. Strukturoobrazovanie tsementnogo kamnya v prisutstvii izomernykh uglevodov [Structure formation of cement stone in presence of isomeric carbohydrates]. *Vestnik SGTU*. 2012. No. 3 (67). Pp. 230–236. (rus)