

УДК 666.972:628.4.038

А. В. НАЗАРОВА^а, В. А. БУГАЕВ^б, Д. С. КОВАЛЕНКО^б^а ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», ^б ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С РАСШИРЯЮЩИМ КОМПОНЕНТОМ НА ОСНОВЕ ОТХОДА ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния комплексного модификатора на основе микрокремнезема, суперпластификатора на основе поликарбоксилатного эфира, расширяющих добавок на основе отхода промышленности и добавки, снижающей усадку SRA, на свойства бетонных смесей и бетонов. Было исследовано влияние комплексного модификатора на показатели прочности при сжатии бетона в возрасте 7, 28 и 90 суток нормального твердения. Проанализированы данные по влиянию разработанного модификатора на показатели влажностных усадочных деформаций бетона. Получены данные по влиянию на морозостойкость и водонепроницаемость тяжелых цементных бетонов с расширяющими минеральными добавками.

Ключевые слова: долговечность бетона, усадочные деформации, расширяющие добавки, добавка, снижающая усадку SRA, прочность при сжатии, морозостойкость, водонепроницаемость.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

В строительной отрасли, значительную область композиционных материалов нового поколения занимают модифицированные бетоны. Одними из наиболее часто применяемых на строительных объектах можно отметить высокопрочные, коррозионностойкие, жаростойкие бетоны и т. п., а именно специальные и долговечные бетоны [1].

Общеизвестно, что одним из наиболее значимых факторов, оказывающих влияние на долговечность монолитных и сборных конструкций, является появление и развитие различного рода трещин, многие из которых могут быть вызваны объемными изменениями конструкций, происходящими вследствие усадочных деформаций.

Следует отметить, что трещины, которые вызваны сверхнормативными деформациями конструкций, силовыми воздействиями, нарушениями технологии изготовления или ошибками при проектировании и др., плохо прогнозируются, и данный вопрос требует дополнительного тщательного всестороннего изучения [2]. Изучению же усадочных деформаций посвящено значительное число работ [3–5], в которых исследователями рассматривается влияние различных факторов на величину усадки бетона и железобетона и предлагаются уточненные методики расчета ее значений на стадии проектирования конструктивных систем зданий и сооружений.

Большой вклад в усадочные деформации конструкции вносит влажностная усадка. Поэтому исследования, связанные с ее изучением, а также изучением различных методов и материалов, способных снизить значение влажностной усадки, являются актуальными.

Среди многих способов снижения усадочных деформаций можно выделить наиболее эффективные три метода: осуществление качественного и своевременного влажностного ухода за бетонными конструкциями; компенсация усадки с помощью расширяющих добавок; уменьшение усадки за счет введения специальных химических добавок на основе гликолей, известных в англоязычной литературе как Shrinkage Reducing Admixtures (SRA) [2, 6].

Первый представленный метод снижения усадки достаточно подробно описан в различных нормативных документах и имеет наибольшее распространение. Тем не менее зачастую он не может быть реализован в условиях современного строительства.

Применение расширяющих добавок широко распространено с 1980-х годов. Анализируя данные, приведенные в отечественной и зарубежной литературе, расширяющие добавки можно разделить условно на 4 типа в зависимости от их действия. Непосредственное расширение происходит вследствие образования гидросульфоалюмината кальция (сульфоалюминатный тип), гидросульфоферрита кальция (сульфоферритный тип), гидроксида кальция или магния (оксидный тип) и смешанного действия (оксидноалюминатный тип) [7–13]. Наиболее распространенными считаются сульфоалюминатный и оксидный типы расширяющих добавок.

Добавками, снижающими усадку SRA, называют химические вещества, уменьшающие влажностную и аутогенную усадку бетона при дозировке 1...2 % от массы цемента. Несмотря на относительно малый опыт использования данных модификаторов, они нашли широкое применение благодаря доказанной эффективности и легкости применения. Если расширяющие добавки действуют за счет химической реакции, в результате которой образуются вещества с большим объемом, чем у исходных компонентов, принцип действия добавок, снижающих усадку SRA, до конца не выяснен. Многие исследователи [6, 14–16], полагают, что добавка SRA снижает усадку за счет эффекта снижения поверхностного натяжения поровой жидкости в бетоне и уменьшения испарения воды с поверхности бетона.

Совместное применение вышеописанных трех методов способно максимально благоприятно повлиять на эксплуатационные свойства бетонов и их долговечность.

В региональных условиях Донбасса перспективным направлением может быть разработка расширяющих минеральных добавок из местного сырья, в частности отходов промышленности, имеющих в больших количествах. В частности, побочные продукты производства, вмещающие в своем химическом составе повышенное количество Al_2O_3 (от 25 до 45 %), такие как отработанные алюмоникелиевые катализаторы химической промышленности, отходы производства вторичного алюминия (алюмошлаки), отходы производства огнеупорных изделий (шамотно-каолиновая пыль). Среди перечисленных материалов лишь последний возможно применять в исходном состоянии практически без дополнительной обработки.

Целью данной статьи является разработка составов тяжелых цементных бетонов, модифицированных микрокремнеземом, расширяющим компонентом на основе отходов промышленности, суперпластификатором и добавкой, снижающей усадку SRA, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами.

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для выполнения экспериментов в качестве вяжущего вещества использовали портландцемент (ПЦ) ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Новоросцемент». Крупным заполнителем служил гранитный щебень (Щ) фракции 5...20 мм. Мелким заполнителем был кварцевый песок (П) Лутугинского песчаного карьера с модулем крупности $M_{кр} = 1,35$. Промышленный отход Стахановского завода ферросплавов микрокремнезем (МК) использовался в качестве активного наполнителя.

В качестве контрольной расширяющей добавки принята порошковая добавка «Expocrete» (Exp) производства итальянской фирмы «Mareì».

Сырьем для расширяющих добавок были:

– алюмосодержащий компонент расширяющей добавки – шамотно-каолиновая пыль – алюмосиликатный отход промышленности (содержание SiO_2 до 55 % и Al_2O_3 до 40 %), образующийся при обжиге каолина во вращающихся печах ЧАО «Великоанадольский огнеупорный комбинат» (пос. Владимировка, Донецкая область);

– сульфатный компонент расширяющей добавки – строительный гипс;

– оксидный компонент расширяющей добавки – известь.

Расширяющую добавку сульфоалюминатного типа (СА) приготавливали смешиванием шамотно-каолиновой пыли (70 %) и гипса (30 %), а оксидноалюминатного типа (ОА) – шамотно-каолиновой пыли (65 %), гипса (30 %) и извести (5 %).

Химическими добавками служили:

– суперпластификатор (СП) на основе поликарбоксилатного эфира MasterGlenium 115 производства немецкого концерна BASF, который представляет собой раствор плотностью 1,05...1,09 кг/л;

– добавка, снижающая усадку бетонов, на основе этиленгликолевого полимера Маресуре SRA производства фирмы Marei, раствор плотностью 0,9 кг/л;

Прочность цементного камня определяли на образцах-кубах с размером ребра 0,1 м, твердевших в нормальных условиях. Деформации усадки измеряли на образцах-призмах 0,1×0,1×0,4 м согласно ГОСТ 24544-81 «Бетоны. Методы определения деформации усадки и ползучести». Марку по морозостойкости и водонепроницаемости устанавливали согласно стандартным методам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для экспериментальных исследований свойств модифицированных бетонов были запроектированы восемь составов, отличающихся наличием расширяющих добавок разного типа и содержанием химических добавок СП и SRA (табл. 1).

Таблица 1 – Составы бетонных смесей

№	Расход компонентов, кг(л)/м ³									В/Ц	ОК, см	ρ _{факт} , кг/м ³
	ПЦ	П	Щ	МК	Ехр	СА	ОА	СП	SRA			
1	400	545	1 175	38				4,6		0,44	17	2 339
2	400	545	1 175	38				4,6	6	0,44	21	2 345
3	400	545	1 175	38	28			4,6		0,44	16	2 380
4	400	545	1 175	38	28			4,6	6	0,44	20	2 382
5	400	545	1 175	38		40		6,2		0,44	16	2 379
6	400	545	1 175	38		40		6,2	6	0,44	21	2 385
7	400	545	1 175	38			40	6,2		0,44	16	2 383
8	400	545	1 175	38			40	6,2	6	0,44	21	2 378

Результаты исследования кинетики твердения этих составов приведены на рис. 1. Исходя из полученных результатов, было установлено, что все составы бетона показывали повышение показателя предела прочности на протяжении всего периода твердения.

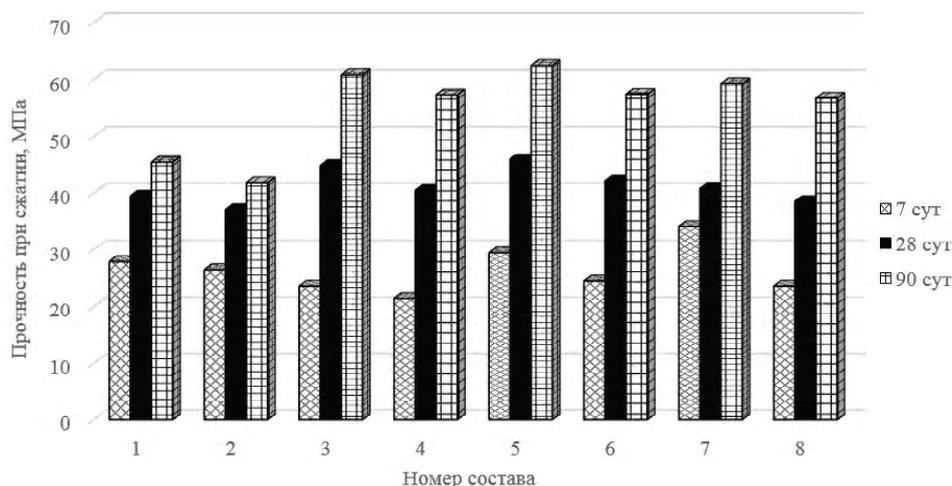


Рисунок 1 – Прочность бетонов при сжатии в возрасте 7, 28 и 90 суток.

Следует отметить, что максимальную прочность при сжатии в раннем возрасте по сравнению с контрольным составом № 1 имеют составы № 5 и № 7 с расширяющими добавками. Это можно объяснить взаимодействием продуктов гидратации цемента с компонентами расширяющих добавок, которое приводит к повышенному образованию гидросульфата алюмината кальция, участвующего в формировании ранней прочности и выступающего в качестве армирующего компонента.

В проектном возрасте все модифицированные составы бетонов № 3–8 превышали прочность при сжатии контрольного состава № 1 на 6,58...16,2 %, что могло быть следствием повышения степени гидратации цемента, формирования более плотной и прочной структуры цементного камня. В возрасте

90 суток показатели предела прочности при сжатии составов № 3–8 также были выше контрольного уже на 24,8...37,8 %.

Установлено, что добавка, снижающая усадку SRA, уменьшает прочность в раннем (на 5...30,8 %), в проектном (на 5,6...9,6 %) возрасте и в возрасте 90 суток (на 4,4...8,3 %). В разных исследованиях показано, что в отличие от суперпластификаторов, добавка, снижающая усадку SRA, в виде неионогенного полимера практически не адсорбируется на продуктах гидратации. Снижение показателей прочности возможно в связи со снижением степени гидратации цемента из-за того, что добавка SRA повышает удельную поверхность новообразований и количество физически связанной воды. В итоге в бетонах с низким показателем водоцементного отношения может быть недостаточно воды, необходимой для гидратации цемента [16–18].

Анализируя данные исследований деформации усадки, приведенных на рис. 2–4, следует отметить, что усадка в большей степени проявляется в бетоне контрольного состава № 1, достигая в возрасте 28 суток величины $\epsilon = -0,62$ мм/м, и, стабилизируясь после 70 суток, достигает $\epsilon = -0,77$ мм/м к 120 суткам.

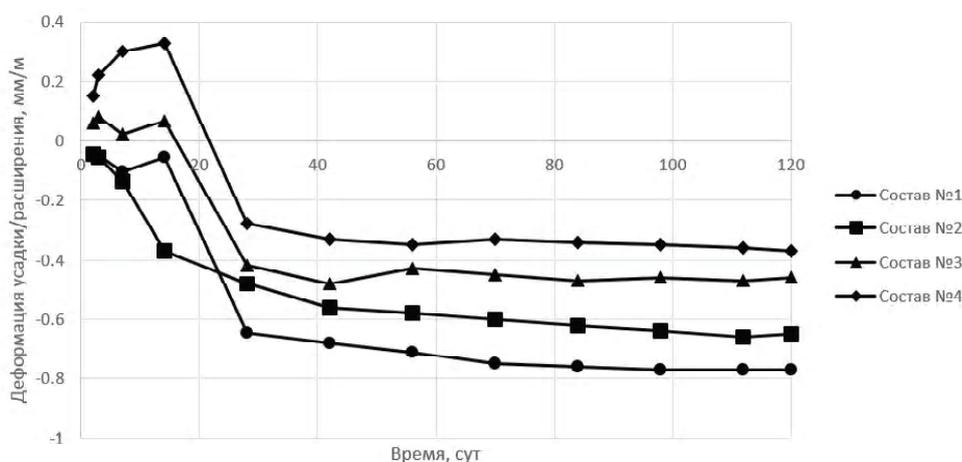


Рисунок 2 – Относительные деформации усадки образцов контрольных составов № 1–2 и модифицированных составов № 3–4.

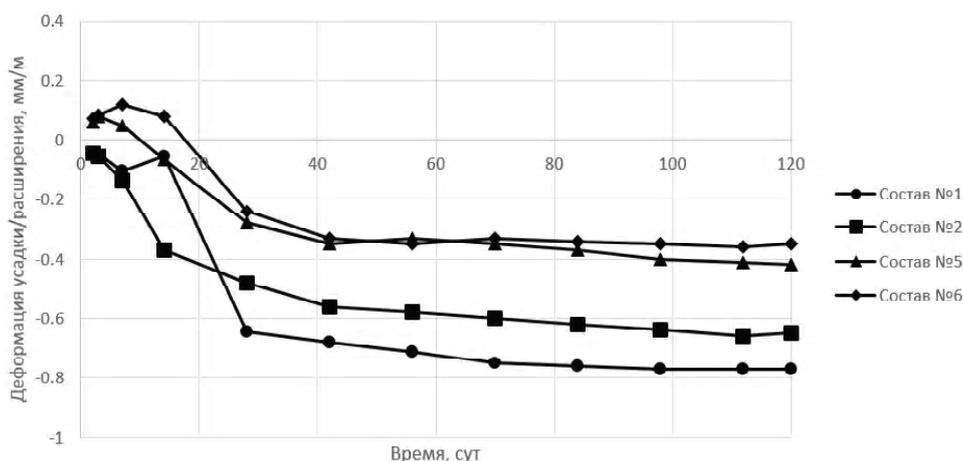


Рисунок 3 – Относительные деформации усадки образцов контрольных составов № 1–2 и модифицированных составов № 5–6.

Наличие в бетоне сульфоалюминатной расширяющей добавки (состав № 5) значительно снижает величину усадки бетона в возрасте 120 суток: $\epsilon = -0,42$ мм/м, а при наличии добавки, снижающей усадку SRA (состав № 6), деформации усадки снижаются до величины $\epsilon = -0,35$ мм/м (рис. 3).

Бетон, содержащий комплекс модификаторов в виде «оксидноалюминатная добавка + SRA» (состав № 8), на протяжении 14 дней показывает расширение до $\epsilon = +0,196$ мм/м, после происходит усадка,

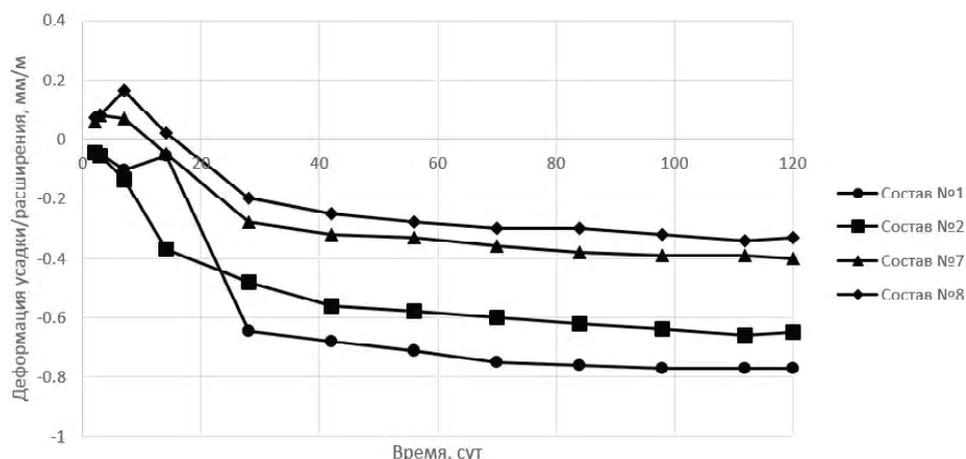


Рисунок 4 – Относительные деформации усадки образцов контрольных составов № 1–2 и модифицированных составов № 7–8.

которая стабилизируется после 42 суток, и к 120 суткам показывает остаточную усадку $\epsilon = -0,35$ мм/м, что на 49 % меньше, чем усадка контрольного образца с добавкой SRA (рис. 4).

Добавка SRA, снижая поверхностное натяжение поровой жидкости, уменьшает испарение влаги из бетона, понижая при этом величину влажностной усадки, а с другой стороны, обеспечивает влажной реакции гидратации расширяющегося компонента.

При замене сульфоалюминатного или оксидноалюминатного расширяющегося компонента на добавку «Expancrete» (составы № 3, 4) общая тенденция развития начального расширения сохраняется. Однако остаточное значение этих показателей изменяется (рис. 2): № 3 – $\epsilon = -0,46$ мм/м (при $\epsilon = -0,42$ мм/м у состава № 5 и $\epsilon = -0,40$ мм/м у состава № 7); № 4 – $\epsilon = -0,37$ мм/м (при $\epsilon = -0,35$ мм/м у состава № 6 и $\epsilon = -0,33$ мм/м у состава № 8).

Таким образом, можно считать, что комбинированное применение расширяющегося компонента на основе сульфоалюминатной и оксидноалюминатной добавки, а также добавки, снижающей усадку SRA, приводит к синергетическому эффекту снижения величины влажностной усадки.

Полученные результаты по водонепроницаемости и морозостойкости (табл. 2) показывают положительную тенденцию этих показателей при модификации бетонов расширяющими компонентами.

Таблица 2 – Показатели эксплуатационных характеристик бетонов

№ состава	Марка по водонепроницаемости	Марка по морозостойкости
1	W2	F150
2	W2	F150
3	W4	F200
4	W4	F200
5	W6	F200
6	W6	F200
7	W6	F200
8	W6	F200

Эти данные можно объяснить тем, что в составах бетонов с расширяющим компонентом, образующийся гидросульфоалюминат кальция способствует заполнению и уплотнению микропор, а следовательно, бетоны имеют мелкопористую структуру с небольшим объемом капиллярных пор, тем самым обеспечивая непроницаемость структуры и способствуя повышению морозостойкости и водонепроницаемости.

ВЫВОДЫ

Установлено, что химическая добавка, рекомендуемая для снижения усадки цементного камня SRA, обладает сильным пластифицирующим эффектом и в комплексе с суперпластификатором на основе поликарбоксилатного эфира (MasterGlenium 115) обеспечивает повышение подвижности бетонной смеси.

Установлено, что введение расширяющего компонента на сульфоалюминатной и оксидноалюминатной основе повышает проектную прочность бетона при сжатии на 3,3...16,2 % и в возрасте 90 суток на 24,8...37,8 %.

Показано, что добавка SRA снижает прочность бетона при сжатии на 5...31 % в раннем и на 5,5...9,0 % в проектном возрасте твердения. Негативное влияние добавки на прочность бетона возможно устранить при понижении водоцементного отношения, учитывая пластифицирующий эффект добавки SRA.

Показано, что комбинированное применение расширяющегося компонента на основе сульфоалюминатной или оксидноалюминатной добавки, а также добавки, снижающей усадку (SRA), приводит к синергетическому эффекту снижения величины влажностной усадки.

Применение сульфоалюминатных или оксидноалюминатных расширяющих добавок повышает марку бетона по водонепроницаемости с W2 до W6 и морозостойкости с F150 до F200.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калиновская, Н. Н. Усадочные деформации модифицированного бетона. Причины и способы устранения [Текст] / Н. Н. Калиновская, Д. С. Котов, Е. В. Щербицкая // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. Строительные материалы. – 2018. – Вып. № 8 – С. 82–87.
2. Калиновская, Н. Н. Долговечность бетона. Анализ причин и способы снижения усадочных деформаций модифицированного бетона [Текст] / Н. Н. Калиновская, Д. С. Котов, Е. А. Иванова // Технологии бетонов. – 2017. – № 11–12 – С. 14–17.
3. Циросани, З. Н. Усадка и ползучесть бетона [Текст] / З. Н. Циросани. – Тбилиси : Мецниерба, 1963. – 181 с.
4. Блещик, Н. П. К построению расчетной модели усадки цементного камня с позиций физико-химической механики дисперсных систем [Текст] / Н. П. Блещик, А. Н. Рак, М. Н. Рыскин // Вестник БГТУ, Строительство и архитектура, Приложение : материалы XI Междунар. науч.-метод. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь» [25–27 ноября 2004 г., Брест] ; в 2 ч. : ч. 2. – Брест, 2004. – С. 81–93.
5. On the mechanism of plastic shrinkage cracking in fresh cementitious materials [Text] / S. Ghourchian, M. Wyrzykowski, M. Plamondon, P. Lura // Cement and Concrete Research. – 2019. – Vol. 115. – P. 251–263.
6. Shrinkage-Reducing Admixture: Effects on Durability of High-Strength Concrete [Text] / N. M. Lopes Anne, F. Silva Eugenia, Dal Molin [et. al.] // ACI Materials Journal. 2013. – Vol. 110, Issue 4. – P. 365–374.
7. Осокин, А. П. Модифицированный портландцемент [Текст] / А. П. Осокин, Ю. Р. Кривобородов, Е. Н. Потапова. – М. : Стройиздат, 1993. – 328 с.
8. Chatterji, S. Mechanism of expansion of concrete due to the presence of dead-burnt CaO and MgO [Text] / S. Chatterji // Cement and Concrete Research. – 1995. – Vol. 25, No 1. – P. 51–56.
9. Титов, М. Ю. Бетоны с компенсированной усадкой на расширяющих добавках [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Титов Михаил Юрьевич. – Москва, 2012. – 189 с.
10. Борисов, И. Н. Синтез сульфоферритного клинкера для производства безусадочных и расширяющихся цементов [Текст] / И. Н. Борисов, О.С. Мандрикова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – Вып. № 2. – Режим доступа : <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6059>.
11. Потапова, Ю. И. Структура и свойства бетонов с двухстадийным расширением [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Потапова Юлия Игоревна. – Ростов-на-Дону, 2015. – 254 с.
12. Павлова, И. П. Свойства цементных систем, модифицированных расширяющимися добавками сульфоферритного и сульфоалюминатного типа [Текст] / И. П. Павлова, К. Беломесова // Инновации в бетоноведении, строительном производстве и подготовке инженерных кадров : сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И. Н. Ахвердова и С. С. Атаева, (09–10 июня 2016 г., Минск) : в 2 ч. : ч. 1. / Белорусский национальный технический университет ; редкол. : Э. И. Батыновский, В. В. Бабицкий. – Минск : [БНТУ], 2016. – С. 153–158.
13. Коваленко, Д. С. Расширяющая добавка сульфоалюминатного типа на основе отходов промышленности для бетонов [Электронный ресурс] / Д. С. Коваленко // Вестник Донбасской академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительной архитектурной отрасли. Том 2 Технологии строительных конструкций, изделий и материалов. – С. 139–144. – Режим доступа : [http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-4\(132\)_tom_2.pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-4(132)_tom_2.pdf).
14. Effects of shrinkage reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non-wet curing conditions [Text] / M. Collepardi [et. al.] // Cement and Concrete Composites. – 2005. – Vol. 27, Iss. 6. – P. 704–708.

15. Eberhardt, A. B. On the mechanisms of shrinkage reducing admixtures in self-consolidating mortars and concretes [Text] / Arnd Bernd Eberhardt // Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor Ingenieur an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus Universität Weimar. – Aachen : Shaker Verlag GmbH, 2011. – 286 pp.
16. Zhan, Pei-min. Application of shrinkage reducing admixture in concrete: A review [Text] / Pei-min Zhan, Zhi-hai He // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 201. – P. 676–690.
17. Зайченко, Н. М. Влияние полифункционального модификатора (добавка, снижающая усадку – суперпластификатор – микрокремнезем) на свойства самоуплотняющейся бетонной смеси и твердение бетона [Текст] / Н. М. Зайченко, А. В. Назарова, Ал-Маршиди Косай // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – Вип. 26. – С. 167–171.
18. Маршиди, К. Модифицированный дорожный цементный бетон в условиях жаркого климата [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Маршиди Косай Сахиб Ради. – Харьков, 2015. – 179 с.

Получена 04.12.2019

А. В. НАЗАРОВА ^a, В. О. БУГАЄВ ^b, Д. С. КОВАЛЕНКО ^b
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ВАЖКОГО БЕТОНУ З
РОЗШИРЮВАЛЬНИМ КОМПОНЕНТОМ НА ОСНОВІ ВІДХОДУ
ПРОМИСЛОВОСТІ

^a ДОО ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля», ^b ДОО ЛНР «Луганський національний аграрний університет»

Анотація. У статті представлені результати досліджень впливу модифікатора на основі мікрокремнезему, суперпластифікатора на основі полікарбоксилатного ефіру, розширювальних добавок на основі відходів промисловості та добавки, що знижує усадку SRA, на властивості бетонних сумішей та бетонів. Було досліджено вплив комплексного модифікатора на показники міцності при стисненні бетону в віці 7, 28 і 90 діб нормального твердіння. Проаналізовано дані щодо впливу розробленого модифікатора на показники вологісних усадкових деформацій бетону. Отримано дані щодо впливу на морозостійкість та водонепроникність важких цементних бетонів з розширювальними мінеральними добавками.

Ключові слова: довговічність бетону, усадкові деформації, розширювальні добавки, добавка, знижувальна усадка SRA, міцність при стисненні, морозостійкість, водонепроникність.

ANTONINA NAZAROVA ^a, VIKTOR BUGAEV ^b, DENIS KOVALENKO ^b
OPERATIONAL PROPERTIES OF HEAVY CONCRETE WITH AN EXPANDING
COMPONENT BASED ON INDUSTRIAL WASTE

^a SEI HPE LPR Lugansk National University V. Dahl», ^b SEI LPR «Lugansk National Agrarian University»

Abstract. The article presents the results of studies of the effect of a modifier based on silica fume, a superplasticizer based on polycarboxylate ether, expanding additives based on industrial waste and the shrinkage reducing admixture SRA on the properties of concrete mixtures and concrete. The effect of the complex modifier on the compressive strength of concrete aged 7, 28, and 90 days of normal hardening was investigated. The data on the influence of the developed modifier on the indicators of moisture shrinkage deformation of concrete are analyzed. Data on the effect on frost resistance and water tightness of heavy cement concrete with expanding mineral additives are obtained.

Key words: concrete durability, shrinkage deformations, expanding additives, shrinkage reducing admixture SRA, compressive strength, frost resistance, water resistance.

Назарова Антонина Васильевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля». Научные интересы: бетоны с использованием отходов промышленности.

Бугаев Виктор Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: совершенствование технологии бетонов естественного твердения.

Коваленко Денис Сергеевич – ассистент кафедры строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: исследование техногенных сырьевых материалов в комплексе с современными модификаторами бетонов с целью повышения их эксплуатационных свойств и долговечности.

Назарова Антоніна Василівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри міського будівництва і господарства ДООУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля». Наукові інтереси: бетони з використанням відходів промисловості.

Бугаєв Віктор Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: вдосконалення технології бетонів природного тверднення.

Коваленко Денис Сергійович – асистент кафедри будівельних конструкцій ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: дослідження техногенних сировинних матеріалів у комплексі з сучасними модифікаторами бетонів з метою підвищення їх експлуатаційних властивостей і довговічності.

Nazarova Antonina – Ph. D. (Eng.), Senior Researcher; Head of Urban Construction and Economy Department, SEI HPE LPR «Lugansk National University V. Dahl». Scientific interests: concretes with industrial wastes.

Bugaev Viktor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Building Constructions Department, SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: improvement of technology of concretes of natural hardening.

Kovalenko Denis – an assistant, Building Constructions Department; SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: research technogenic raw materials in combination with modern concrete modifiers to increase their operational properties and durability.