

## **ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ HYDRO PROTECT E1 НА ПРОЧНОСТЬ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ПРИ ПОНИЖЕННОМ СОДЕРЖАНИИ МИНЕРАЛЬНОГО ВЯЖУЩЕГО МАТЕРИАЛА**

**Кононова О.В., Минаков Ю.А., Анисимов С.Н., Лешканов А.Ю., Смирнов А.О.**

*ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3), e-mailKononovaOV@volgatech.net, ansernik3@gmail.com*

**Исследовано влияние содержания модификатора HydroProtect E1 производства ООО «Глобал Трейд» на кинетику роста прочности тяжелого бетона при содержании цемента 250-350 кг/м<sup>3</sup>. Изучена водопотребность исследуемых равноподвижных составов с подвижностью, соответствующей марке ПЗ. Установлено, что водопотребность составов снижается при увеличении содержания цемента и добавки HydroProtect E1. Полученный результат объясняется повышенной структурной пористостью малоцементных бетонов. Установлено, что рациональная дозировка добавки HydroProtect E1 при расходе цемента 250–300 кг/м<sup>3</sup> составляет 3 % от массы цемента. В условиях повышенных требований к ранней прочности рекомендуется повышение содержания цемента с 250 до 300 кг/м<sup>3</sup>. Для бетонов с содержанием цемента 350 кг/м<sup>3</sup> рекомендуется применение 1 % добавки HydroProtect E1. Повышение содержания добавки HydroProtect E1 до 5 % от массы цемента приводит к снижению как ранней, так и проектной прочности бетонов.**

**Ключевые слова:** бетон, модификатор, суперпластификатор, подвижность, прочность, водопотребность, расход цемента.

## **THE INFLUENCE OF HYDRO PROTECT E1 MODIFYING ADDITIVE TO THE MINERAL BINDER REDUCED CONTENT HEAVY CONCRETE STRENGTH**

**Kononova O.V., Minakov Y.A., Anisimov S.N., Leshkanov A.Y., Smirnov A.O.**

*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, Lenin square,3), e-mail: KononovaOV@volgatech.net, ansernik3@gmail.com*

**The influence of the Hydro Protect E1 produced by "Global Trade" LTD modifier content to the concrete with 250–350kg/m<sup>3</sup> cement content strength increasing kinetics. the equal mobility compositions with corresponding mark P3 mobility water demand studied. It is found that the compositions water demand decreases with increasing of cement and Hydro Protect E1 additive content. This result is explained by the increased structural porosity of low cement concrete. It was found that the rational dosage of Hydro Protect E1 additive at 250–300 kg /m<sup>3</sup> cement rate is 3 % of the cement weight. In terms of early strength increased requirements the increase of cement content from 250 to 300 kg/m<sup>3</sup> recommended. For the concrete with 350 kg /m<sup>3</sup> cement content it is recommended to use 1% Hydro Protect E1 additive. 5 % of the cement weight Hydro Protect E1 additive level increase results in both early and designed concrete strength reduction.**

**Keywords:** concrete, modifier superplasticizer, mobility, strength, water demand, the flow rate of the cement.

В практике современного строительства актуально решение задач, направленных на дальнейшее совершенствование отечественной технологии производства бетонов [7].

Производство товарного бетона полностью зависит от динамики развития строительной отрасли. Поэтому рынок довольно чувствительно отреагировал на экономическую ситуацию последних лет, в том числе связанную с кризисом, санкциями, уменьшением количества крупномасштабных инфраструктурных проектов и резким падением национальной валюты в 2014 г., что отразилось на повышении цен на бетон и снижении его прочностных показателей [6].

Сложившаяся ситуация послужила толчком к интенсивному развитию отечественных технологий производства добавок в бетон. Применение химических добавок является одним из наиболее универсальных, доступных и гибких способов управления технологией бетона и регулирования его свойств. Если ранее наиболее широко в строительстве использовались однокомпонентные химические продукты и модифицированные отходы промышленности, то в настоящее время представляется перспективным синтез и применение новых химических модификаторов полифункционального действия, снижающих водоцементное отношение и не увеличивающих индукционный период твердения [1, 2, 4]. Планы развития отечественной строительной индустрии на современном этапе предусматривают значительное расширение производства бетонных смесей с применением эффективных комплексных модифицирующих добавок.

При возведении монолитных железобетонных конструкций наиболее удобны и поэтому чаще применяются высокоподвижные бетонные смеси марок ПЗ - П5, которые обладают повышенной водопотребностью. Повышенная водопотребность подвижных бетонных смесей приводит к росту расхода цемента в бетонах. Следует отметить, что действующие в Российской Федерации стандарты производства бетона предполагают высокую удельную емкость цемента [6]. Среднее содержание цемента в бетоне российского производства составляет около 350 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона. Это существенно выше, чем в большинстве развитых промышленных стран мира, где сегодня значительно возросло производство самоуплотняющихся бетонов, модифицированных суперпластификаторами на основе поликарбоксилатных эфиров [6]. Химические добавки на основе поликарбоксилатных эфиров позволяют получать самоуплотняющиеся и квазисамоуплотняющиеся бетонные смеси при одновременном снижении водопотребности на 20–30 % в рамках равноподвижности. Кроме этого, их использование в составе бетонных смесей значительно повышает показатели проектной прочности, плотности (до 5 %), водонепроницаемости (марка W8и более), морозостойкости (марка F300 и выше) и самоуплотняемости бетонов [1; 3; 4].

Сегодня на российском рынке модифицирующих добавок представлен широкий спектр новых добавок отечественных компаний «Полипласт», «Глобал Трейд», «ГидроСар» и др. [2; 5; 8]. В частности, перспективна добавка производства ООО «Глобал Трейд», которая рекомендуется для повышения комплекса эксплуатационных свойств бетонов и строительных растворов смесей – прочности, водонепроницаемости, морозостойкости, коррозиостойкости, а также для ускорения набора прочности [8]. С учетом повышенной удельной емкости цементов в бетонах необходима оценка эффективности применения

добавки HydroProtectE1 в бетонах из высокоподвижных смесей с пониженным содержанием цемента.

**Целью исследования** являлось изучение влияния модификатора HydroProtect E1 на кинетику роста прочности малоцементных тяжелых бетонов, приготовленных из высокоподвижных бетонных смесей.

### **Материалы и методы исследования**

В качестве добавки в бетоны применялся модификатор HydroProtect E1 производства ООО «Глобал Трейд». В качестве вяжущего использовался портландцемент ЦЕМ 42,5Н производства ЗАО «Ульяновскцемент». Бетон приготавливался на плотном доломитовом щебне фракции 5-20 мм. В качестве мелкого заполнителя применялся мелкозернистый природный кварцевый песок с модулем крупности 1,9. Водный раствор добавки HydroProtect E1 вводился в бетонную смесь вместе с водой затворения. Водный раствор добавки готовился в соотношении вода : добавка = 1 : 1 по массе. Для затворения бетона использовалась вода при температуре +15...+20° С. Содержание добавки HydroProtect E1 в составах бетонов варьировалось в диапазоне от 1 до 5 % от массы цемента. Исследованы составы с подвижностью ПЗ с содержанием цемента от 250 до 350 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси. Из бетонных смесей формовались образцы-кубы размерами 100×100×100 мм, которые подвергались испытанию на прочность при сжатии в возрасте 1, 3, 7 и 28 суток хранения в нормальных условиях.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Проанализирована водопотребность бетонных смесей. Составы равноподвижных бетонных смесей подвижностью ПЗ при различном содержании добавки HydroProtect E1 представлены в таблице. Сопоставление водопотребности составов с расходом цемента 250 кг/м<sup>3</sup> показывает, что при соблюдении принципа равноподвижности повышение содержания модификатора HydroProtect E1 до 1–3 % от массы цемента в бетоне позволяет снизить расход воды в бетонной смеси на 4–8 % (составы № 1, 4, 10). Дальнейшее повышение содержания добавки до 5 % практически не снижает водопотребность смесей.

Контрольный бездобавочный состав № 10 с расходом цемента 250 кг/м<sup>3</sup> отличается наибольшим водоцементным отношением – 0,67. При расходе добавки 3 % от массы цемента водоцементное отношение снижается до 0,61.

Понижению водоцементного отношения способствует как повышение содержания цемента, так и введение модификатора HydroProtect E1, что свидетельствует о наличии в бетоне с низким содержанием цемента структурно обусловленной пористости. Наименьшее водоцементное отношение 0,49 отмечено у состава № 6 с расходом цемента 350 кг/м<sup>3</sup> и с добавкой HydroProtect E1 в количестве 3 % от массы цемента.

Составы равноподвижных бетонных смесей с добавкой HydroProtect E1

№ состава	Расходы материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона					Водоцементное отношение равноподвижных бетонных смесей марки П 4
	Цемент, кг	Щебень, кг	Песок, кг	Вода, л	HydroProtect E1, в % от массы цемента	
1	250	1200	800	160	1	0,64
2	300	1200	800	167	1	0,56
3	350	1200	760	175	1	0,50
4	250	1200	800	153	3	0,61
5	300	1200	840	161	3	0,54
6	350	1200	760	170	3	0,49
7	250	1200	800	163	5	0,65
8	300	1200	800	167	5	0,56
9	350	1200	760	175	5	0,50
10	250	1200	800	167	0	0,67
11	300	1200	800	172	0	0,57
12	350	1200	760	182	0	0,52

Исследована кинетика роста прочности бетонов во времени в зависимости от содержания добавки HydroProtect E1 и содержания цемента. Результаты исследования приведены на рисунках 1–3.

На рисунке 1 приведена кинетика роста прочности бетона при расходе цемента 250 кг/м<sup>3</sup>. Установлено, что при расходе модификатора 5 % от массы цемента не только не снижается водопотребность равноподвижных смесей, но и понижается прочность составов [5]. Причем понижение прочности составов № 7, 8 и 9 при расходе модификатора 5 % от массы цемента в сравнении с контрольными составами отмечено в течение всего периода твердения. Так, снижение прочности состава № 7 при расходе цемента 250 кг/ м<sup>3</sup> под влиянием 5 % добавки через сутки твердения составило 18 %, и это снижение сохранилось в течение всего периода твердения до 28 суток.

Исследования показали, что наилучшие результаты по прочности, в сравнении с контрольными составами без добавок, имеют составы, содержащие 3 % модификатора HydroProtect E1 от массы цемента.

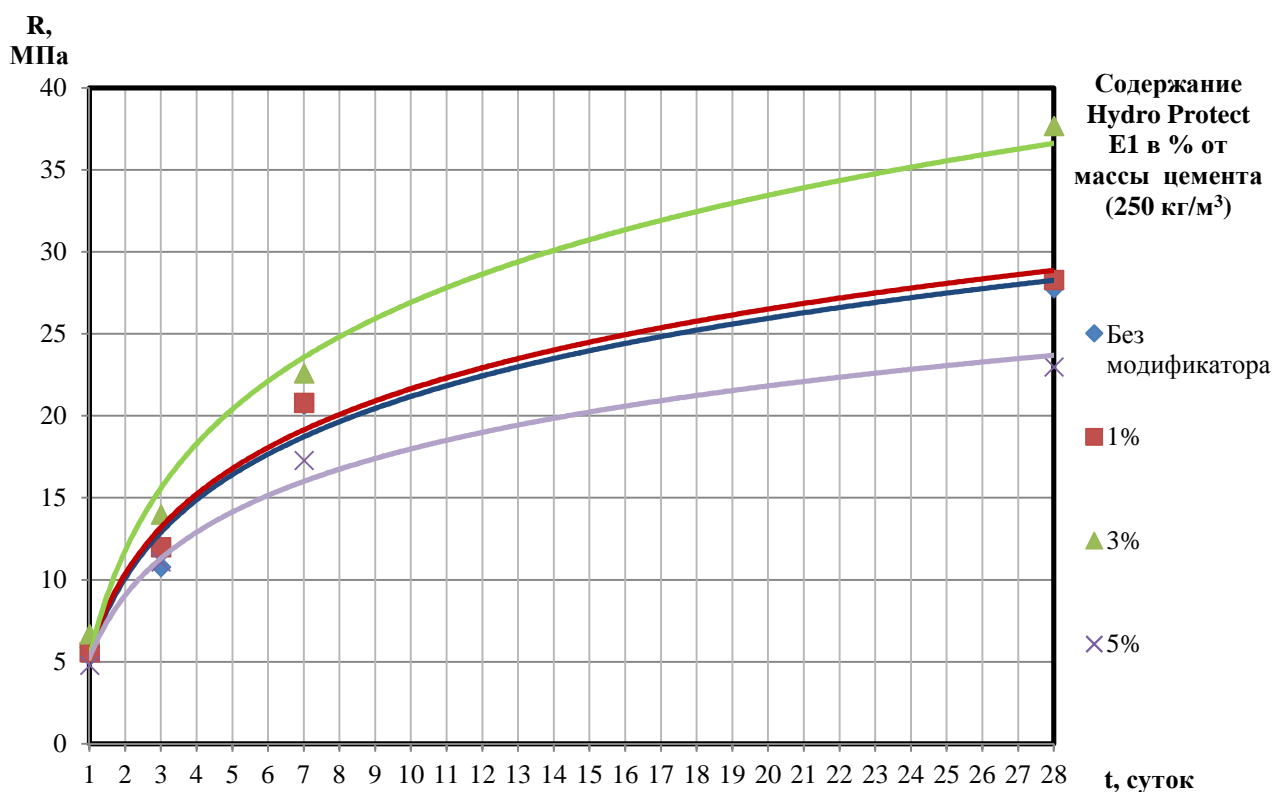


Рис.1. Влияние содержания модификатора HydroProtect E1 на прочность бетона при расходе цемента 250 кг/м<sup>3</sup>

Установлено увеличение прочности этих составов бетона в возрасте 3 суток на 23 %, в возрасте 28 суток – соответственно, на 26 %. Введение в бетон с расходом цемента 250 кг модификатора в количестве 1 % не оказывает существенного влияния на прочность бетона. Таким образом, при низком расходе цемента (250 кг/м<sup>3</sup>) рациональным следует признать содержание исследуемой добавки в количестве 3 % от массы цемента (состав № 4). Этот состав бетона в возрасте 7 суток набрал прочность при сжатии 22,6 МПа, а в возрасте 28 суток 37,7 МПа соответственно.

Повышение содержания цемента в бетоне до 300 кг/м<sup>3</sup> не оказывает существенного влияние на рациональную дозировку модификатора HydroProtect E1 в бетоне.

На рисунке 2 приведен график кинетики роста прочности бетона при содержании цемента 300 кг/м<sup>3</sup> с добавкой HydroProtect E1. Установлено, что введение 1 % модификатора (состав № 2) способствует увеличению прочности бетона в среднем на 8 % в течение всего периода твердения. Как и при содержании цемента 250 кг/м<sup>3</sup> дозировка модификатора 5 % от массы вяжущего (состав № 8) способна привести к заметному снижению прочности бетона – на 14–25 % в сравнении с контрольным составом. Наилучшие прочностные показатели бетона при расходе цемента 300 кг/м<sup>3</sup> также получены при содержании добавки 3 % от массы цемента (состав № 5): в возрасте 7 суток – 31,2 МПа, в возрасте 28 суток – соответственно, 38,2 МПа.

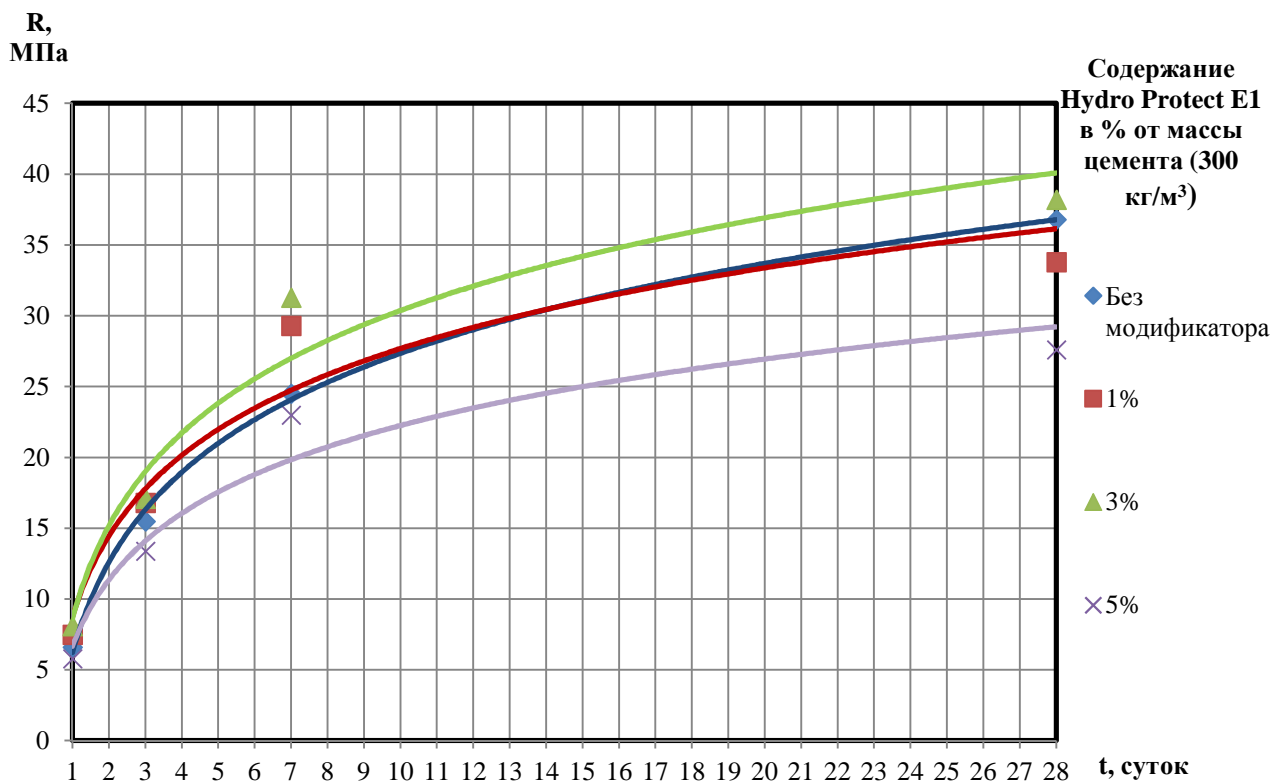


Рис. 2. Влияние содержания суперпластификатора HydroProtect E1 на прочность бетона при расходе цемента 300 кг/м³

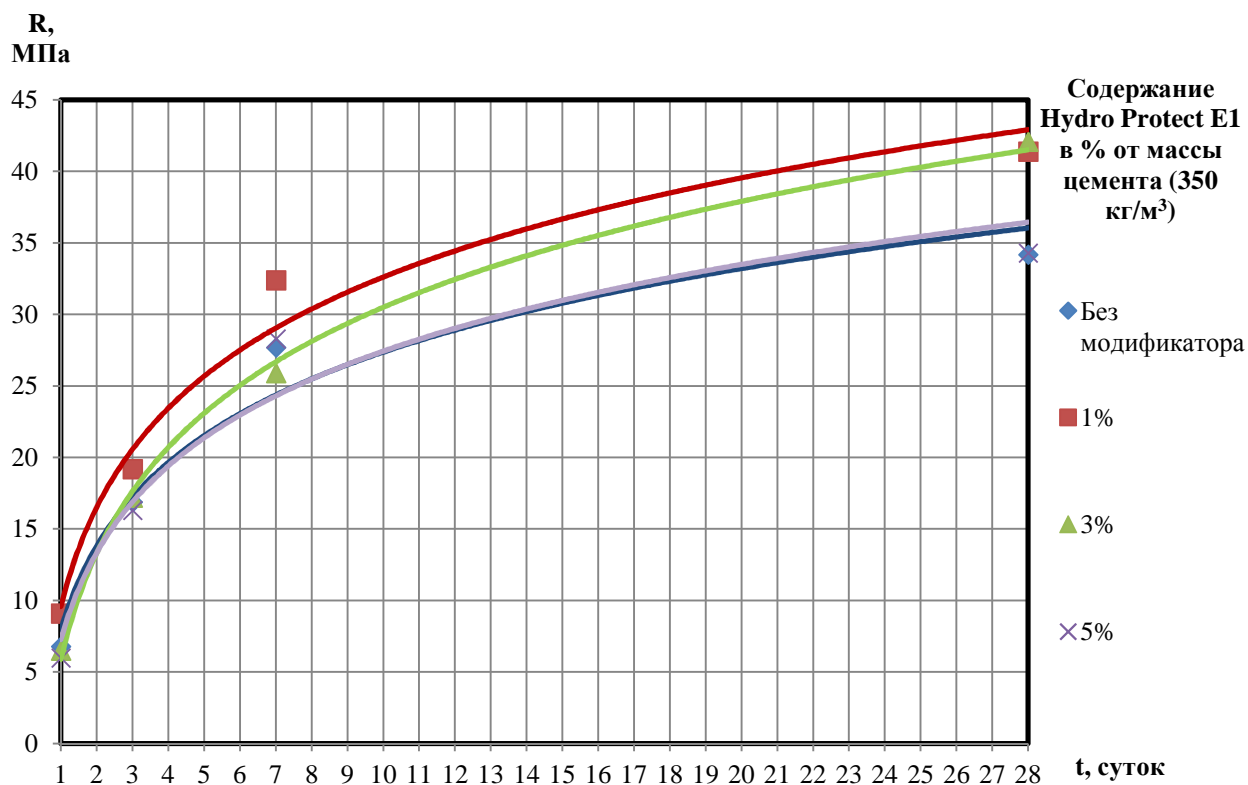


Рис.3. Влияние содержания суперпластификатора HydroProtect E1 на прочность бетона при расходе цемента 350 кг/м³

Сопоставление кинетики твердения бетонов с расходом цемента 250 и 300 кг/м<sup>3</sup> показывают на различия в кинетике роста их прочности в начальный период твердения. Так, в возрасте 7 суток повышение расхода цемента от 250 до 300 кг привело к повышению прочности с 22,5 до 31,2 МПа. Таким образом, рост расхода цемента в бетоне может быть оправдан технической необходимостью достижения повышенной ранней прочности.

На рисунке 3 представлен график влияния содержания модификатора HydroProtect E1 на кинетику роста прочности бетона с расходом цемента 350 кг/м<sup>3</sup>.

Исследования показали, что при расходе цемента 350 кг/м<sup>3</sup> рациональной следует признать дозировку добавки HydroProtect E1 – 1 % от массы цемента: на 7-е сутки прочность состава возросла до 32,4 МПа, а на 28 сутки – соответственно, до 42 МПа. Повышение дозировки добавки до 3 % не оказывает существенного влияния на дальнейший рост прочности бетона. При дальнейшем увеличении содержания добавки до 5 % бетон проявляет тенденцию к снижению прочности до значений контрольных составов, не содержащих добавки HydroProtect E1 (составы № 9 и 12).

### **Выводы**

1. Исследования эффективности применения модификатора HydroProtect E1 в малоцементном тяжелом бетоне показали, что рациональное содержание добавки зависит от содержания цемента.
2. Установлено, что рациональная дозировка добавки HydroProtect E1 при расходе цемента 250–300 кг/м<sup>3</sup> составляет 3 % от массы цемента. В условиях повышенных требований к ранней прочности рекомендуется повышение содержания цемента с 250 до 300 кг/м<sup>3</sup>. Для бетонов с содержанием цемента 350 кг/м<sup>3</sup> рекомендуется применение 1 % добавки HydroProtect E1.
3. Установлено, что водопотребность равноподвижных модифицированных составов бетона снижается при увеличении содержания цемента и добавки HydroProtect E1. Полученный результат объясняется повышенной структурной пористостью исследуемых малоцементных бетонов.

### **Список литературы**

1. Анисимов С.Н., Кононова О.В., Лешканов А.Ю., Смирнов А.О. Исследование влияния комплекса модификаторов на кинетику твердения бетонов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: [www.science-education.ru/118-14082](http://www.science-education.ru/118-14082) (дата обращения: 28.07.2015).
2. Гувалов А.А., Аббасова С.И. Модификаторы для беспропарочной технологии производства бетона // Бетон и железобетон – взгляд в будущее. – II международная

конференция по бетону и железобетону. – Т. VI. – М., 12–16 мая 2014. – М.: РАН, 2014. – С. 22-32.

3. Добавки в бетон. Технический каталог; ноябрь, 2009. – М.: «BUSFConstructionChemicals», 2009. – 136 с.

4. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н., Лешканов А.Ю. Влияние поликарбоксилатных суперпластификаторов на структурообразование цементных паст// Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5 (часть 5). – С. 945-948; URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10003291](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10003291) (дата обращения: 29.07.2015).

5. Изотов В.С. Химические добавки для модификации бетона. – М.: Изд. Палеотип, 2006. – 244 с.

6. Информационно-деловое агентство «Деловые новости». Производство бетона: анализ и перспективы рынка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://delonovosti.ru/business/3107-proizvodstvo-betona-analiz-i-perspektivy-rynka.html> (дата обращения: 29.07.2015).

7. Малинина, Л.А. Бетонovedение: настоящее и будущее /Л.А. Малинина, В.Г. Батраков // Бетон и железобетон. – 2003. – № 1. – С.2-6.

8. Модификатор бетона HydroProtect E1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gt21.ru/hydroprotect/23092013/page1.htm> (дата обращения: 29.07.2015).

#### **Рецензенты:**

Краснов А.М., д.т.н., профессор, профессор кафедры строительных технологий и автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола;

Салихов М.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительных технологий и автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.