

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

<sup>1</sup>Сленьков В.А., <sup>1</sup>Минаков Ю.А., <sup>1</sup>Кононова О.В., <sup>1</sup>Анисимов С.Н., <sup>1</sup>Смирнов А.О.,  
<sup>1</sup>Лешканов А.Ю.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3, e-mail: KononovaOV@volgatech.net, ansernik3@gmail.com

Исследована эффективность применения в бетонах различных видов суперпластификаторов российского производства: Пласт-С ООО «ХимФрост», Плантикор 1-1 ООО «СтройЭффект», Полипласт СП-3 компании «Полипласт» и МЛ-2 P3 ООО «Бетонные Технологии». Изучено влияние содержания суперпластификаторов на водопотребность бетонных смесей, раннюю и проектную прочность тяжелого бетона. Установлено, что при сохранении подвижности бетонной смеси (П3) модификаторы снижают водопотребность тяжелого бетона на 17%. В возрасте 3 дней добавка Пласт-С увеличила прочность контрольных составов на 35,5%. Прочность бетона под влиянием добавки Плантикор 1-1 в возрасте 3 дней практически не изменилась. В процессе дальнейшего твердения наблюдается интенсивный рост прочности всех составов модифицированных бетонов в сравнении с контрольными составами. Установлены рациональные дозировки суперпластификаторов для получения максимальных значений ранней и проектной прочности бетонов.

Ключевые слова: бетон, модификатор, суперпластификатор, подвижность, прочность, водопотребность

## HEAVE CONCRETE PRODUCTION PLASTICIZING ADDITIVES EFFECTIVENESS

<sup>1</sup>Slenkov V.A., <sup>1</sup>Minakov Y.A., <sup>1</sup>Kononova O.V., <sup>1</sup>Anisimov S.N., <sup>1</sup>Smirnov A.O.,  
<sup>1</sup>Leshkanov A.Y.

<sup>1</sup>Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, Lenin square, 3, e-mail: KononovaOV@volgatech.net, ansernik3@gmail.com

The efficiency of various types of Russian concrete superplasticizers studied: Plast-C by «HimFrost» Plantikor 1-1 by «StroyEffekt», Polyplast SP-3 by «Polyplast» and ML-2 P3 by «Concrete Technology». The superplasticizer content influence on the concrete mixes water demand, early and design heavy concrete strength studied. Found that for the concrete mix (P3) mobility the modifiers reduce the heavy concrete water demand by 17%. At the age of 3 days supplement Plast-C increased the strength of the control compositions at 35.5%. The strength of the 3 days aged concrete under the influence of Plantikor 1-1 additive has not changed. During the further hardening intense strength rise is observed for all modified concrete compositions in comparison with control samples. The rational superplasticizers dosage for maximum concrete early and designed strength found.

Keywords: concrete, modifier, superplasticizer, flowability, strength, water demand

Совершенствование технологии производства сборного и монолитного железобетона на современном этапе тесно связано с применением различного рода модифицирующих добавок [1; 2; 4]. Много технических задач эффективно решается за счет использования поверхностно-активных добавок с высоким водоредуцирующим эффектом. В частности, в мире сегодня активно применяются суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатного эфира (PCE) [3; 4; 8]. Применение модифицирующих добавок на основе эфиров поликарбоксилатного эфира (PCE) позволяет существенно повысить показатели важнейших эксплуатационных свойств бетонов, таких как прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, стойкость к коррозии [2, 4, 7, 8].

Распространение в России высокоэффективных импортных модификаторов сдерживается их высокой стоимостью. Отечественная стройиндустрия непрерывно предлагает новые типы химических добавок для бетонов с улучшенными свойствами. На российском рынке строительных материалов предлагаются отечественные модификаторы, представленные отечественными компаниями: «Полипласт», «Суперпласт», «ГидроСар», «Глобал Трейд» и рядом других [1, 5, 6].

Перед современным потребителем стоит проблема выбора того или иного вида модификатора.

Для правильного выбора добавок из числа предлагаемых необходимы корректные сравнительные испытания в бетонах с использованием местной сырьевой базы. Значительную ценность при этом представляет информация, касающаяся кинетики твердения модифицированных бетонов, влияющей на качество бетонирования и темпы строительства.

**Целью исследования** является сравнительный анализ кинетики набора прочности тяжелого бетона, модифицированного различными видами отечественных пластифицирующих добавок.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследовано влияние содержания модифицирующих добавок отечественного производства ПЛАСТ-С ООО «ХимФрост», Плантикор 1-1 ООО «СтройЭффект», Полипласт СП-3 компании «Полипласт» «МЛ-2 РЗ ООО «Бетонные Технологии» на кинетику роста прочности тяжелого бетона при твердении.

В качестве вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ 42,5Н производства ЗАО «Ульяновскцемент», содержание которого в бетонах составляло 390 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона. В качестве крупного заполнителя применялся доломитовый щебень фракции 5–20 мм с маркой по дробимости М1200. В качестве мелкого заполнителя применялся природный мелкозернистый кварцевый песок с модулем крупности, равным  $M_k=1,78$ . Добавки вводились в бетон с последней 1/3 частью воды затворения. Содержание суперпластификаторов в бетоне варьировалось в различных долях от массы цемента в соответствии с представленными производителями рекомендациями. Из равноподвижных бетонных смесей формовались образцы-кубы размерами 100×100×100 мм и испытывались на сжатие в возрасте 3, 7 и 28 суток хранения в нормальных условиях.

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

В таблице представлены составы бетонных смесей подвижностью ПЗ и результаты их испытания на прочность при сжатии.

Анализ результатов показывает, что присутствие пластификаторов в бетоне позволяет снизить водопотребность смеси на 7,8–17,6% в сравнении с бездобавочным составом при условии сохранения равноподвижности. Установлено, что наибольшим водоредуцирующим эффектом обладает добавка «Полипласт СП-3» (составы № 8, 9, 10).

Предел прочности при сжатии бетонов с пластифицирующими добавками

| №, п/п | Расходы материалов на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг |        |       | Пластификатор  |                    | В/Ц  | Средний предел прочности при сжатии, МПа в возрасте, сут. |      |      |
|--------|---|--------|-------|----------------|--------------------|------|---|------|------|
|        | Цемент  | Щебень | Песок | Наименование   | % от массы цемента |      | 3   | 7    | 28   |
|        |   |        |       |                |                    |      |   |      |      |
| 1      | 390   | 1200   | 750   | -              | -                  | 0,51 | 21,2  | 27,4 | 36   |
| 2      | 390   | 1200   | 750   | Пласт-С        | 0,6                | 0,47 | 30,8  | 36   | 42,5 |
| 3      | 390   | 1200   | 750   |                | 1,3                | 0,45 | 29  | 39,6 | 45   |
| 4      | 390   | 1200   | 750   |                | 2,0                | 0,44 | 20,3  | 34,8 | 42,4 |
| 5      | 390   | 1200   | 750   | Плантитор 1-1  | 0,7                | 0,46 | 24,4  | 36,3 | 44,8 |
| 6      | 390   | 1200   | 750   |                | 1,1                | 0,45 | 20,4  | 35,4 | 46,3 |
| 7      | 390   | 1200   | 750   |                | 1,5                | 0,43 | 22,3  | 40   | 50   |
| 8      | 390   | 1200   | 750   | Полипласт СП-3 | 1,1                | 0,43 | 26,6  | 37,5 | 43   |
| 9      | 390   | 1200   | 750   |                | 1,5                | 0,42 | 32,8  | 41,1 | 53   |
| 10     | 390   | 1200   | 750   |                | 1,9                | 0,42 | 27,9  | 32,5 | 46,3 |
| 11     | 390   | 1200   | 750   | МЛ-2 РЗ        | 0,8                | 0,44 | 21,6  | 29,1 | 41,5 |
| 12     | 390   | 1200   | 750   |                | 1,1                | 0,44 | 27,2  | 35,6 | 43   |
| 13     | 390   | 1200   | 750   |                | 1,4                | 0,44 | 20,3  | 37,1 | 47,5 |

На рисунке 1 приведено влияние суперпластификатора ПЛАСТ-С на кинетику роста прочности тяжелого бетона. Данный вид модификатора представляет собой комплексную добавку в виде смеси НФ, ЛСТ и неорганических солей с высоким содержанием высокомолекулярных фракций [5]. Исследования показали, что применение добавки ПЛАСТ-С значительно повышает прочность тяжелого бетона. Наблюдается увеличение прочности составов с содержанием добавки ПЛАСТ-С 1,3% в сравнении с контрольным составом без модификаторов на 3-и сутки, на 37% и на 25% на 28-е сутки. Применение добавки ПЛАСТ-С в средней дозировке, равной 1,3%, согласно техническому паспорту [5] позволяет получить повышенную прочность на 3-и сутки, что должно способствовать ускорению оборачиваемости опалубки и увеличению темпов строительства (состав № 3). В возрасте 28 суток бетон этого состава показал прочность 45 МПа, что соответствует классу бетона В35. Дальнейшее увеличение дозировки добавки ПЛАСТ-С ведет к снижению проектной прочности и к замедлению кинетики роста прочности.

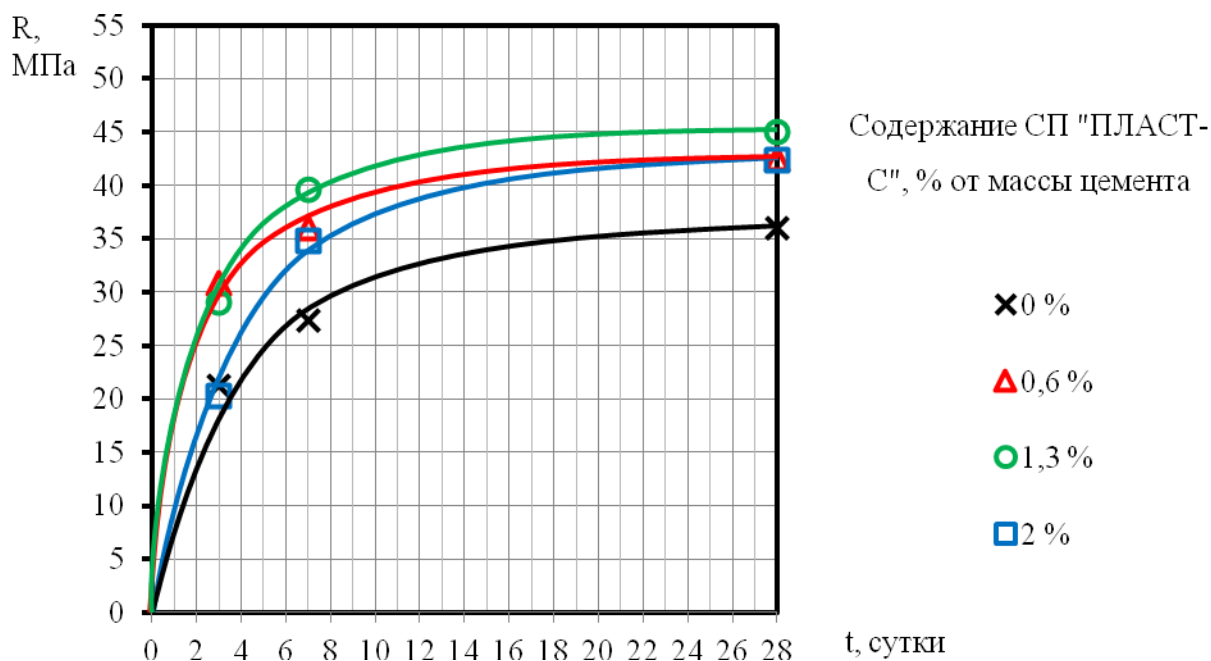


Рис. 1. Кинетика роста прочности бетона с добавкой СП «ПЛАСТ-С»

На рисунке 2 приведен график зависимости прочности бетона при использовании суперпластификатора Плантикор 1-1. Основное предназначение данного вида добавки — для улучшения физико-технических характеристик пенобетона и газобетона. Установлено, что его введение в бетонную смесь также увеличивает прочностные характеристики тяжелого бетона. Показатели прочности бетона при расходе добавки Плантикор 1-1 0,7–1,1% практически не отличаются друг от друга и ведут к увеличению проектной прочности до 22% (составы № 5, 6).

Введение добавки Плантикор 1-1 в количестве 1,1 % (состав № 7) от массы цемента замедляет скорость твердения бетона в ранние сроки, что проявляется в более низком значении прочности в возрасте 3 суток в сравнении с составом, содержащим 0,7% добавки Плантикор 1-1. В возрасте 28 суток бетон с добавкой 1,5% добавки Плантикор 1-1 показал прочность на 38% больше, чем у бездобавочного состава.

На рисунке 3 приведена зависимость влияния содержания суперпластификатора «Полипласт СП-3» крупнейшего химического холдинга в РФ «Полипласт» в количестве 1,1–1,9 % от массы цемента на прочность тяжелого бетона. Добавка представляет собой смесь натриевых солей МФ и НФ кислот различной молекулярной массы, ЛСТ и промышленной смеси тиосульфата и роданида натрия [6].

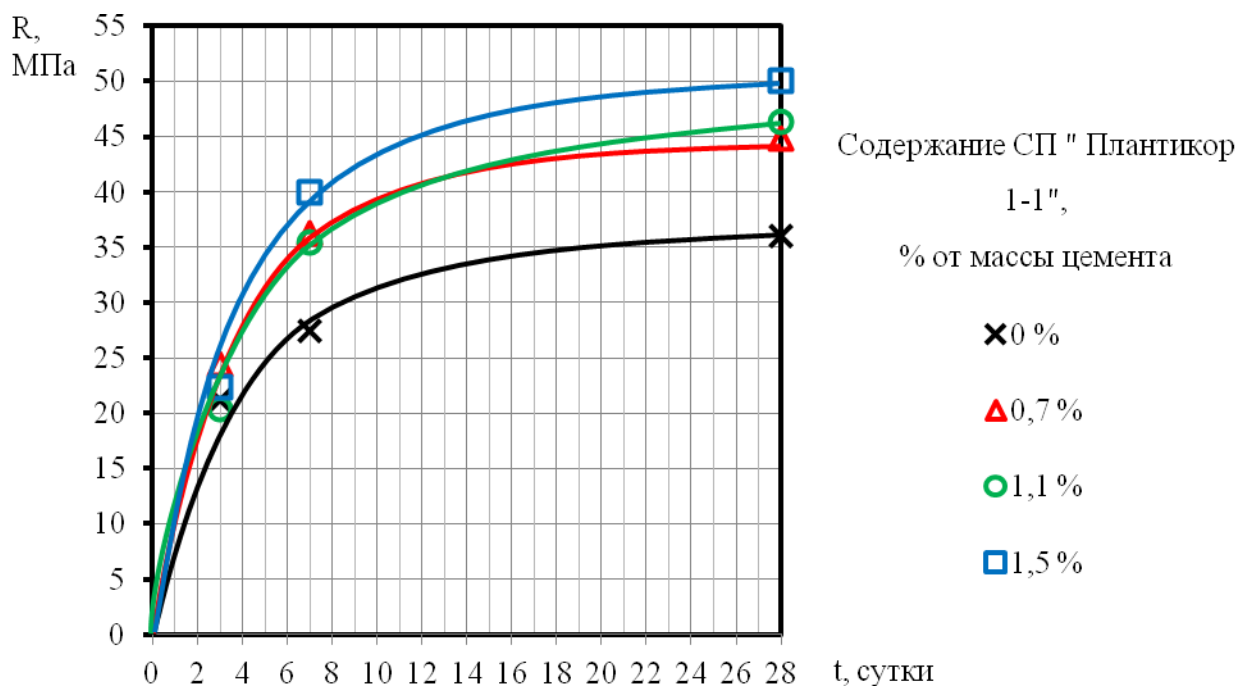


Рис. 2. Кинетика роста прочности бетона с добавкой Плантитор 1-1

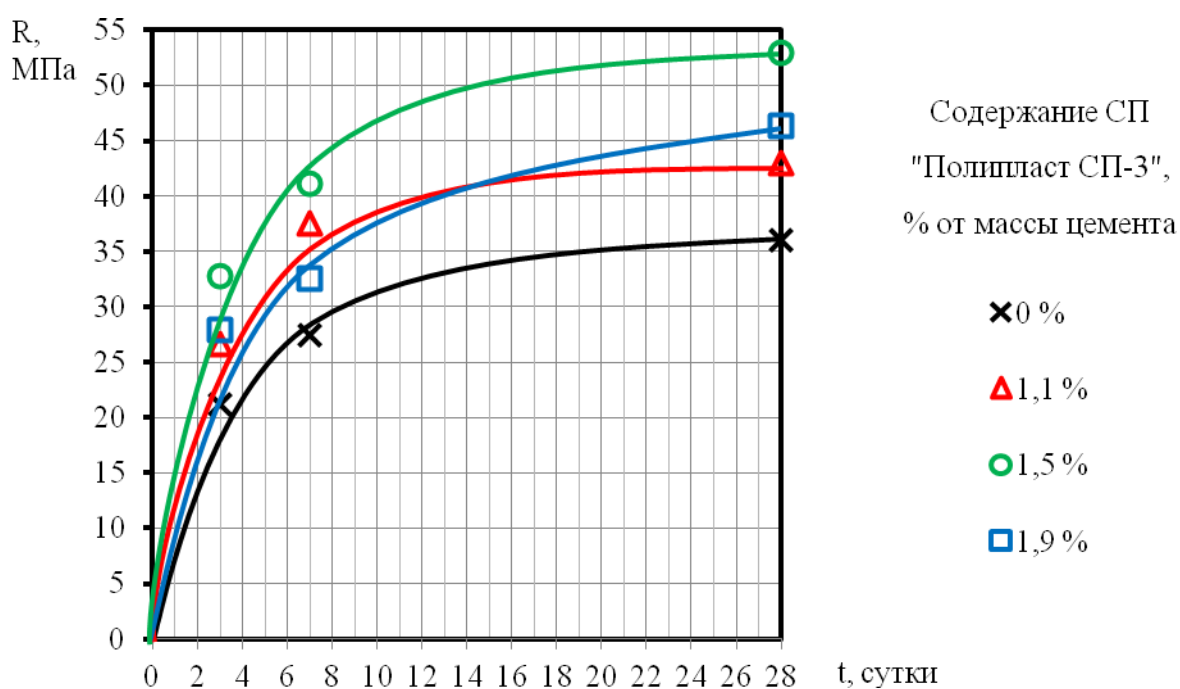


Рис. 3. Кинетика роста прочности тяжелого бетона с добавкой Полипласт СП-3

Исследования показали, что введение в состав бетона в количестве 1,1 и 1,9% от массы цемента (составы № 8 и 10) увеличивает прочность бетона в среднем на 20%. В то же время при содержании в бетоне добавки Полипласт СП-3 в количестве 1,5% (состав № 9) был получен бетон, который показал в возрасте 28 суток прочность при сжатии 53 МПа, что больше на 47% в сравнении с бездобавочным составом.

На рисунке 4 показана кинетика роста прочности тяжелого бетона при использовании добавки МЛ-2 РЗ производственной компании ООО «Бетонные Технологии».

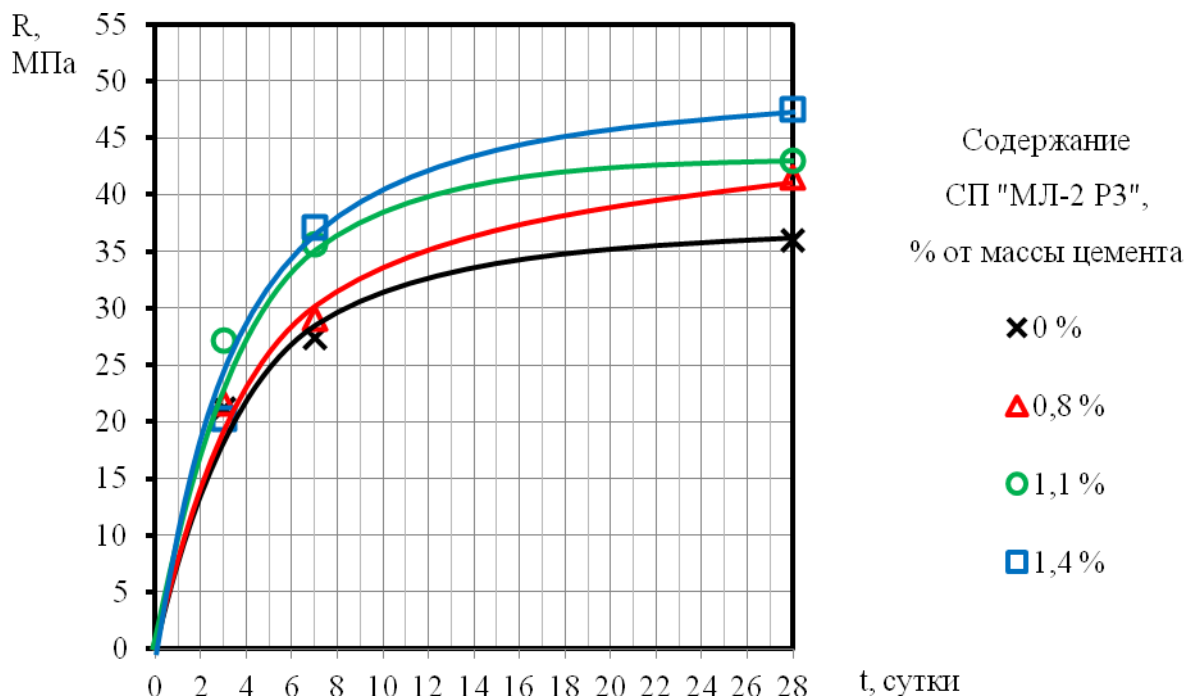


Рис. 4. Кинетика роста прочности тяжелого бетона с добавкой СП «МЛ-2 РЗ»

Как и вышеописанные суперпластификаторы, данный модификатор представляет собой смесь ПАВ на основе сульфированных МФ, НФ и модифицированных ЛСТ. Установлено, что его добавление в бетонную смесь также увеличивает прочностные характеристики тяжелого бетона. Ранняя прочность (на 3-и сутки) практически не увеличилась. Наилучший показатель проектной прочности выявлен у состава с максимальной дозировкой добавки МЛ-2 РЗ 1,4% и составляет 47,5МПа. Следует отметить, что максимальный водоредуцирующий эффект в бетоне был получен при минимальном рекомендуемом содержании этой добавки в бетоне – 0,8% от массы цемента.

### Выводы

1. Исследованиями установлено, что при сохранении подвижности бетонной смеси (ПЗ) модификаторы снижают водопотребность тяжелого бетона в среднем на 17%.
2. Добавка Пласт-С проявила себя как ускоряющая твердение бетона. В возрасте 3 дней добавка Пласт-С увеличила прочность контрольных составов на 35,5%.
3. Прочность бетона под влиянием добавки Плантикор 1-1 в возрасте 3 дней практически не изменилась. В процессе дальнейшего твердения наблюдается интенсивный рост

прочности всех составов модифицированных бетонов в сравнении с контрольными составами.

4. Установлены рациональные дозировки суперпластификаторов для получения максимальных значений ранней и проектной прочности 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: 30.07.2015).
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 3-е, перераб. и доп. — М., 1998. — 768 с.
3. Вовк А.И. О некоторых особенностях РСЕ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosbaltgrupa.lv/?id=157&ln=ru> (дата обращения: 30.07.2015).
4. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. – М.: Палеотип, 2006. – 244 с.
5. Пласт-С. Описание продукта. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://plast-rt.ru/produktsiya/plast-s/> (дата обращения: 30.07.2015).
6. Рекомендации по применению суперпластификатора с эффектом замедления схватывания «Полипласт СП-3» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polyplast-un.ru/assets/files/Produkti/TR-Poliplast-SP-3.pdf> (дата обращения: 30.07.2015).
7. Синайко Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relanorm и средства испытаний /Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. — № 39. — 2011. — С. 95.
8. K. Yamada, S. Ogawa, S. Hanahara. Working mechanism of poly-beta- naphthalene sulfonate and polycarboxylate superplasticizers types from point of cement paste characteristics. ACI SP-145. P. 367–382.

### 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. Пенза.