

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСА МОДИФИКАТОРОВ НА КИНЕТИКУ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНОВ

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

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

Исследовано влияние комплексного модификатора на прочность бетона. Установлено, что введение пластификатора GleniumACE 430 снижает водопотребность бетона на 17-30% при условии сохранения равноподвижности. Применение суперпластификатора GleniumACE 430 без ускорителя X-CEED 100 снижает прочность бетона на 5 % в сравнении с образцом без модификатора, однако на 3 и 28 сутки наблюдается прирост прочности на 18% и 22% соответственно. Наблюдается увеличение прочности в три раза образцов с содержанием Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-CEED 100 в сравнении с образцом без модификаторов на первые сутки, в два раза на 3- и сутки, 1,5 раза на 28-е сутки. Целесообразно снижение расхода цемента от 400 кг/м<sup>3</sup> до 345 кг/м<sup>3</sup>, т.к. это не приводит к резкому снижению прочности бетона с комплексным модификатором.

Ключевые слова: бетон, суперпластификатор, ускоритель твердения, подвижность, ранняя прочность, водопотребность, комплексный модификатор.

## INFLUENCE'S RESEARCH OF CONCRETE'S HARDENING KINETICS WITH COMPLEX MODIFIER

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

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

Influence of the complex modifier on concrete durability is investigated. It is established that introduction of Glenium ACE 430 softener reduces concrete's water requirement by 17-30% keeping identical mobility. Use of Glenium ACE 430 supersoftener with out CEED 100 X-accelerator reduces concrete durability by 5% in comparison with an exemplar without modifier, however on 3 and the 28th days durability increase for 18% and 22% respectively is observed. The increase in durability three times exemplars with the maintenance of Glenium ACE 430 and an accelerating agent of X-CEED 100 in comparison with an exemplar without modifiers for the first days, twice on 3-and days, 1,5 times on 28-e days is observed. Decrease in a consumption of cement from 400 kg/m<sup>3</sup> to 345 kg/m<sup>3</sup> is expedient since it does not lead to strength reduction concrete's durability with the complex modifier.

Keywords: concrete, superplasticizing agent, accelerating agent, mobility, early durability, water requirement, complex modifier.

Строительная отрасль XXI века предлагает широчайших спектр технологий по улучшению физико-механических свойств конструкционных изделий. Несомненно, такая ситуация является адекватным ответом рынка на увеличение темпов строительства и заинтересованности потребителей в получении качественных и недорогих строительных материалов. Особое внимание здесь уделяется тяжелому бетону. На сегодняшний день довольно сложно представить данный материал, применяемый практически на всех стройплощадках и заводах ЖБИ, в «классическом» виде: цемент, вода, крупный и мелкий заполнитель. Современная технология бетона базируется на применении химических модификаторов различного типа и действия, позволяющих регулировать его свойства. В частности, для повышения прочности бетона, подвижности, снижения трудоемкости

бетонных работ в состав бетона вводят суперпластификаторы на основе поликарбоксилатного эфира [1,2,3]. Зарубежный и отечественный опыт их применения показал, что суперпластификаторы на базе эфиров поликарбоксилатов - PCE способны снизить водопотребность бетонной смеси до 30%, увеличить подвижность до марки П4 - П5, значительно повысить характеристики проектной прочности, морозостойкости, водонепроницаемости, самоуплотняемости [6]. Также, в отличие от традиционных суперпластификаторов сульфированного меламина и нафталина (SMFC и SNFC), действие которых основано на электростатическом отталкивании частиц цемента, PCE используют объемную цепь полимеров для создания стерического эффекта. В зависимости от типа цемента, современные технологии позволяют получать поликарбоксилаты с различной полимерной структурой, что значительно расширяет их диапазон эффективного использования [2].

Среди основных недостатков PCE следует отметить вовлечение воздуха, а также длительный пластифицирующий эффект, который может негативно влиять на раннюю прочность бетона, что, несомненно, отразится в виде снижения скорости бетонных работ [4,5]. Для интенсификации набора ранней прочности предлагаются добавки-ускорители. Роль данных модификаторов заключается в активизации процесса гидратации цемента, что приводит к ускоренному образованию продуктов гидратации, обладающих высокой прочностью. За счет ускорителей твердения бетона можно снизить расход цемента, увеличить оборачиваемость опалубки.

Химические модификаторы для бетона в России представлены как отечественными (Полипласт), так и иностранными производителями (Sika, BASF). В последнее время на рынок добавок для бетона активно продвигаются компании из стран СНГ (Frem).

**Целью исследования** является изучение влияния комплексного применения PCE суперпластификаторов и ускорителей твердения на прочность тяжелого бетона.

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

Исследовано влияние содержания добавок PCE суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X – SEED100 компании BASF на прочность тяжелого бетона. В качестве вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ 42,5Н производства ОАО «Ульяновский цемент». В качестве крупного заполнителя применялся щебень фракции 5-20 мм. В качестве мелкого заполнителя применялся песок кварцевый модулем крупности  $M_k=1,9$ . Добавки вводились в бетон одновременно с последней 1/3 частью воды затворения. Содержание PCE суперпластификаторов в бетоне варьировалось от 0,6 до 1 % от массы цемента. Содержание ускорителя X – SEED100 составляло 0,5 % от массы цемента.

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

В таблице представлены составы бетонных смесей подвижностью П2. Из них формовались образцы-кубы размерами 10x10x10 см. и испытывались на сжатие в возрасте 1, 3 и 28 суток. Анализ результатов показывает, что присутствие комплексного модификатора в бетоне позволяет снизить водопотребность смеси на 17-30%(см. № 3,9,10) при условии сохранения равноподвижности.

№п/п	Масса щебня, кг/м <sup>3</sup>	Масса песка, кг/м <sup>3</sup>	Масса цемента, кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	GleniumACE 430, в % от массы цемента	X-CEED100, в % от массы цемента
1	1180	690	400	0,300	1%	0,5%
2	1280	640	375	0,316	1%	0,5%
3	1380	590	345	0,294	1%	0,5%
4	1180	690	400	0,313	0,8%	0,5%
5	1280	640	375	0,320	0,8%	0,5%
6	1380	590	345	0,319	0,8%	0,5%
7	1180	690	400	0,328	0,6%	0,5%
8	1280	640	375	0,330	0,6%	0,5%
9	1380	590	345	0,352	0,6%	0,5%
10	1180	690	400	0,424	-	-
11	1180	690	400	0,348	0,8%	-
12	1180	690	400	0,311	0,8%	1%

На рисунке 1 приведено влияние добавок на прочность тяжелого бетона. Установлено, что с повышенное содержание РСЕ суперпластификатора не только снижает водопотребность, но и увеличивается период времени схватывания цементного теста. Исследования показали, что график зависимости при комплексном применении суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-CEED 100в целом имеет одинаковый характер. Наблюдается увеличение прочности в три раза образцов с содержанием РСЕ и ускорителя твердения в сравнении с образцом без модификаторов на первые сутки, в два раза на 3- и сутки, 1,5 раза на 28- е сутки. Применение комплексного модификатора в соотношении 0,8% Glenium ACE 430 и 0,5%X-CEED 100 от массы цемента позволяет получить прочность на первые сутки до 16 МПа. Применение суперпластификатора без ускорителя снижает прочность бетона на 5 % в сравнении с бездобавочным образцом, однако, на 3 и 28 сутки наблюдается прирост прочности на 18% и 22% соответственно. Наилучший показатель прочности на 3 и 28 сутки составил образец с

содержанием PCE 1% и ускорителя твердения 0,5% от массы цемента 38МПа и 65МПа соответственно.

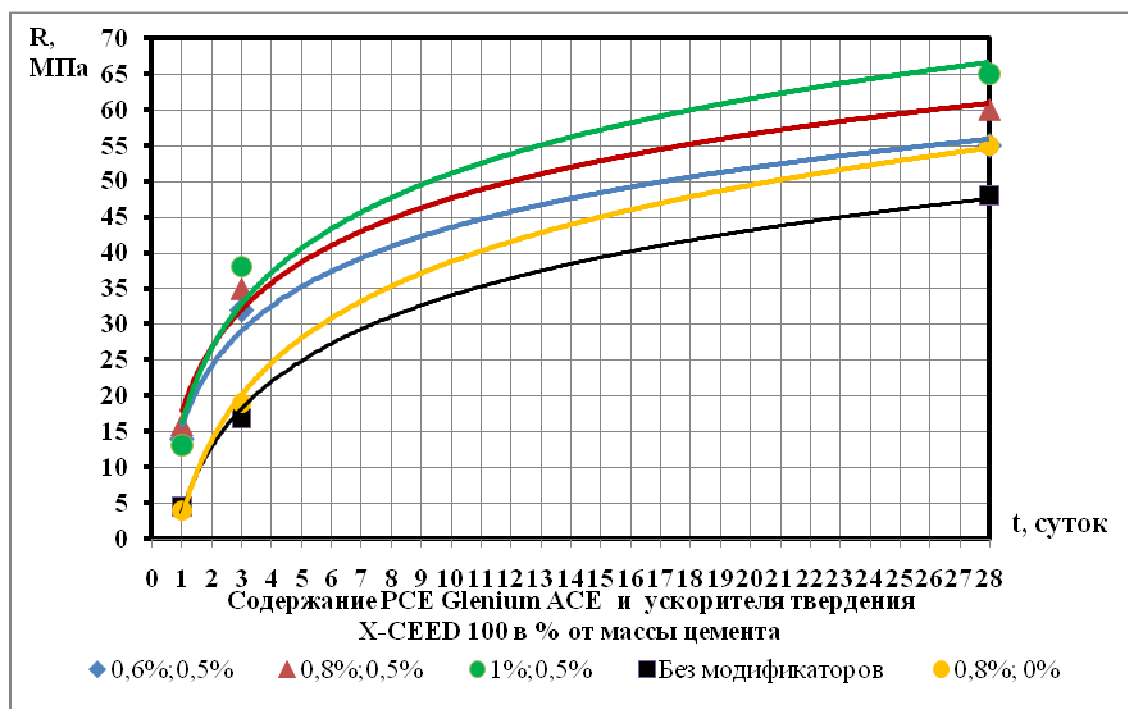


Рис. 1. Влияние содержания суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED 100 на прочность бетона при расходе цемента 400 кг/м<sup>3</sup>

На рисунке 2 приведен график зависимости прочности бетона при комплексном применении суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED 100 при различном содержании цемента. Установлено, что уменьшение количества вяжущего до 345 кг/м<sup>3</sup> не изменяет характера набора прочности на 3 и 28 суток. Прочность бетона снижается в 1,5 раза на первые сутки с уменьшением расхода цемента. Получены результаты по прочности 36 МПа и 36,5 МПа на 3 –и сутки при комплексном применении модификатора и расходе цемента 345 кг/м<sup>3</sup> и 375 кг/м<sup>3</sup> соответственно. Наилучший показатель прочности бетона 63,9 МПа на 28 суток показал состав с расходом цемента 375кг/м<sup>3</sup>.

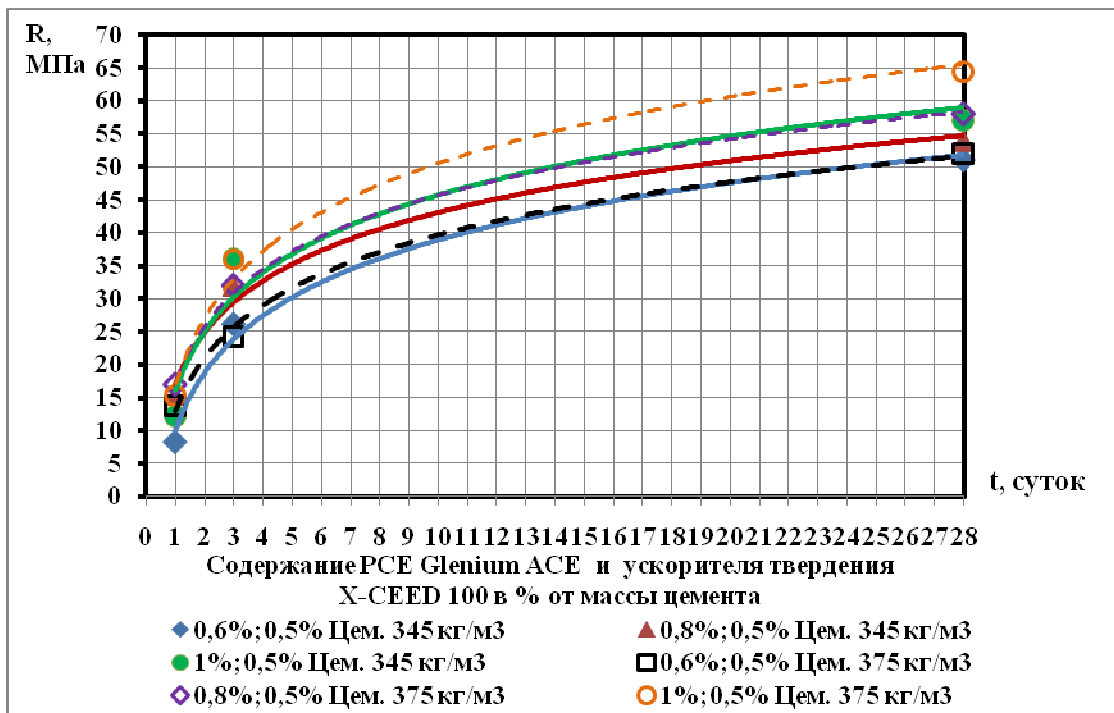


Рис. 2. Влияние содержания суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED 100 на прочность бетона при расходе цемента 345 кг/м<sup>3</sup> и 375 кг/м<sup>3</sup>

На рисунке 3 рассмотрена зависимость влияния содержания суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED 100 в количестве 0,8% и 1% от массы цемента соответственно на прочность бетона.

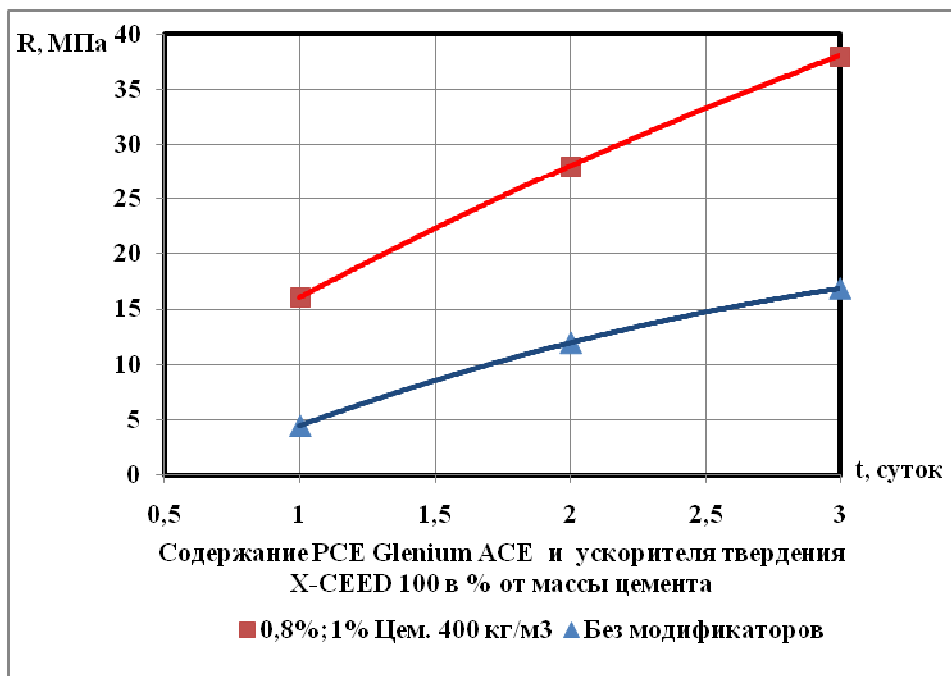


Рис. 3. Влияние содержания суперпластификатора Glenium ACE 430 и ускорителя твердения X-SEED 100 на прочность бетона

Исследования показали, что, несмотря на незначительное снижение водоцементного отношения, скорость твердения бетона увеличилась незначительно: на первые сутки -16,2

МПа, на 2 сутки – 27,9 МПа, на 3 сутки – 38,2 МПа. Установлено, что ускоритель твердения X-SEED 100 также способствует водопонижению бетонной смеси. Следует отметить, что увеличение дозировки ускорителя твердения X-SEED 100 при совместном использовании РСЕ с 0,5% до 1% не оправдано.

### **Выводы**

1. Применение комплексного модификатора в бетоне позволяет снизить водопотребность смеси на 17-30% при условии сохранения равноподвижности.
2. Наблюдается увеличение прочности в три раза образцов с содержанием РСЕ и ускорителя твердения в сравнении с образцом без модификаторов на первые сутки, в два раза на 3- и сутки, 1,5 раза на 28- е сутки.
3. Целесообразно снижение расхода цемента от 400 кг/м<sup>3</sup> до 345 кг/м<sup>3</sup> т.к. это не приводит к резкому снижению прочности бетона с комплексным модификатором.

### **Список литературы**

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны - М.: Стройиздат, 1990. - 400 с.
2. Вовк А.И. О некоторых особенностях РСЕ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosbaltgrupa.lv/?id=157&ln=ru> (дата обращения: 11.03.2014).
3. Добавки в бетон. Технический каталог; ноябрь, 2009.- М.: «BUSF Construction Chemicals», 2009.- 136 с.
4. Добшиц Л.М., Кононова О.В., Анисимов С.Н. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками //Цемент и его применение.- 2011.- № 4.- С. 104-107.
5. 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). – стр. 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: 09.07.2014).
6. Синайко Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relanorm и средства испытаний /Будівельні матеріали, вироби та санітарнотехніка.- № 39.- 2011.- С.95.

### **Рецензенты:**

Минаков Ю.А., д.т.н., профессор кафедры Строительных материалов и технологии строительства ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.

Краснов А.М., д.т.н., профессор кафедры Строительных материалов и технологии строительства ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.