

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*KACHANOVSKY Felix Vjacheslavovich* – Associate Professor of the Department of Hydraulics, Heat Engineering and Hydraulic Drive, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: felix.kachanovscky@yandex.ru

**CITATION FOR AN ARTICLE**

Kachanovsky F.V. About of the electrical conductivity of the precipitation in Tver during 2016–2021 years // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2022. No. 4 (16), pp. 73–81.

УДК 665.9.022

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ  
НА ОСНОВЕ КАРБОКСИЛАТНЫХ ЭФИРОВ**

*Ю.Ю. Курятников*

*Тверской государственной технической университет (г. Тверь)*

© Курятников Ю.Ю., 2022

**Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению эффективности суперпластификаторов на основе поликарбоксилатных эфиров, приведены механизмы их действия. Из исследуемых добавок SikaPlast E4 является наиболее универсальной для товарных бетонных смесей, поскольку позволяет получить высокую сохраняемость, большую раннюю прочность, а также экономически обоснована.

**Ключевые слова:** суперпластификатор, механизм действия, поликарбоксилатный эфир, водоредуцирующий эффект.

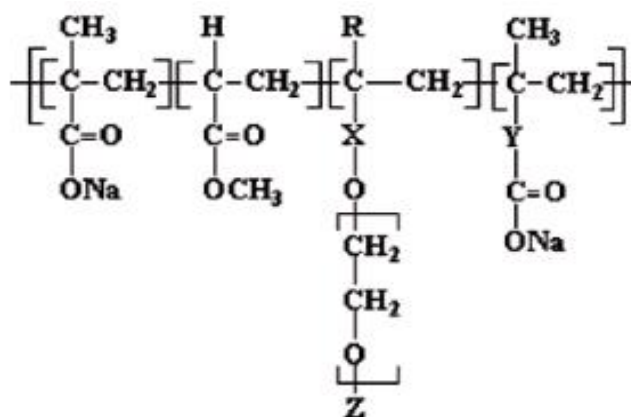
**DOI: 10.46573/2658-7459-2022-4-81-86**

**ВВЕДЕНИЕ**

К настоящему моменту известно множество различных добавок, используемых в строительстве при возведении сооружений различного назначения. Прогресс не стоит на месте, и постепенно широко известные модификаторы замещаются еще более новыми видами добавок комплексного действия. В настоящее время можно выделить три основных класса пластифицирующих добавок, используемых в промышленности строительных материалов: соединения на основе технических лигносульфонатов (ЛСТ); меламинформальдегид (СМФ) или нафталинформальдегид (СНФ); поликарбоксилатные эфиры (ПКС).

Добавки первых двух групп обладают линейной молекулярной структурой. Их условно можно отнести к предыдущему поколению пластификаторов. Механизм действия этих добавок основывается на электростатическом отталкивании за счет хемосорбции молекул пластификатора на поверхности частиц цементного клинкера и образования двойного электрического слоя, что приводит к смещению значений  $\zeta$ -потенциала в более электроотрицательную область и способствует диспергированию системы. Однако через

короткое время с ростом продуктов гидратации на поверхности зерен цемента происходит резкое снижение его диспергирующей эффективности и, как следствие, ухудшение подвижности бетонной смеси. В отличие от ЛСТ, СМФ и СНФ, ПКС обладают разветвленной структурой и состоят из основной поликарбоксильной цепи, а также боковых полиэфирных ответвлений (рисунок). Такое строение обеспечивает частицам цемента электростатическое и стерическое (пространственное) отталкивание. Наличие ионного заряда основной цепи необходимо для адсорбции поликарбоксилата на поверхности цементных зерен и формирования электростатического эффекта, тогда как боковые цепочки молекулы обеспечивают стерическое отталкивание, что усиливает и удлиняет диспергирующее действие [1, 2].



Структура ПКС

На сегодняшний день наиболее хорошо исследован суперпластификатор С-3. К отрицательным свойствам ПКС относят нерегулируемое воздухововлечение, которое достигает 5 % и более, что при получении высокофункциональных и морозостойких бетонов должно строго контролироваться. Для получения высокофункциональных и быстротвердеющих бетонов чаще всего совместно с ПКС используют тонкодисперсные пуццолановые добавки, такие как микрокремнезем (МК), белая сажа, тонкоизмельченные доменные шлаки и метакраолин (МТК). Изучение особенностей адсорбции ПКС цементными минералами и микрокремнеземом показало, что для цемента наиболее эффективными являются эфиры метакриловой кислоты, а микрокремнезем лучше разжижается простыми аллиловыми эфирами. При использовании в высокофункциональных бетонах метакраолина в качестве активатора гидратации цемента также отмечается, что не все ПКС могут быть эффективны. Метакраолин, являясь обезвоженным продуктом, полученным обжигом каолиновой глины, довольно активно поглощает некоторые ПКС и снижает их эффективность. Но особенно активно снижает эффективность ПКС присутствие в мелких заполнителях глинистых и илистых примесей. Кроме того, что глинистые примеси значительно снижают эффективность суперпластификаторов, их присутствие в заполнителях может привести к снижению прочности, долговечности, увеличению усадок в бетонах, в том числе и высокофункциональных. Следовательно, при применении в производстве бетонов поликарбоксилатных суперпластификаторов необходимо проводить тщательный контроль песков по виду и содержанию в них глинистых минералов [3].

В работе [4] исследовано влияние различных суперпластификаторов (Д-11, С-3, «Полипласт СП-3», «Супранафт», «Мурапласт ФК 88 (050)», «Полипласт СП-4», Sika ViscoCrete 5-800, SikaPlast 2135) на свойства цементно-песчаных растворов. Наиболее заметное влияние на прочность растворов оказывают добавки «Полипласт СП-3» и Sika ViscoCrete 5-800. В последние годы для цементных бетонов и растворов разработан ряд эффективных гиперпластификаторов на основе поликарбоксилатных полимеров: Melment F10, Melflux 1641F, Melflux 2651F и др. Эти гиперпластификаторы позволяют обеспечить получение качественно нового эффекта и снизить водопотребность цементных систем более чем до 40 % [5].

Большой интерес представляют водоредуцирующие добавки компании BASF: MasterRheobuild 1000 (на основе нафталинсульфоната, далее, СП 1), MasterGlenium116 (на основе ПКС, СП 2), MasterGlenium ACE 430 (на основе эфира поликарбоксилата, СП 3), MasterPozzolith MR55 (на основе ЛСТ, СП 4) [6]. Добавки поликарбоксилатной природы (СП 2, СП 3) обладают большим водоотнимающим действием. С их помощью становится возможным добиться сокращения В/Ц с 32 до 24,5 %, что весьма существенно. Добавки СП 1 и СП 4 не столь эффективны в этом плане. Они дают возможность снизить В/Ц с 32 % максимум до 27 %, что в целом тоже является приемлемым результатом.

Использование ЛСТ в качестве пластифицирующей добавки может также способствовать повышенному воздухоовлечению, увеличивать пористость системы и снижать прочностные характеристики. Кроме того, ЛСТ (как отходы производства целлюлозно-бумажных комбинатов) не обладают постоянным химическим составом и содержат различные примеси, вследствие чего бетон не имеет стабильных свойств. Напротив, ПКС производят путем регулируемого синтеза, он обладает значительно большей однородностью состава, что обеспечивает высокую стабильность его эксплуатационных характеристик [7].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами выполнены экспериментальные исследования по определению эффективности суперпластификаторов на основе ПКС: SikaPlast E4, «Поликон R-301» и «Вега 700.441». В качестве вяжущего использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5Н ЖИ АО «Мордовцемент»; песок Мк 2,31; щебень природный фракции 5–20 мм. Изготовление образцов и испытания выполнялись по ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». Оценка эффективности добавок проводилась по ГОСТ 30459-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2. Дозировки добавок подбирались по оптимальному водоредуцирующему эффекту и экономической целесообразности. Минимальное В/Ц-отношение бетонной смеси получили на добавке «Поликон R-301». При этом наблюдаются максимальная плотность бетонной смеси и высокие показатели прочности на сжатие в возрасте 7 и 28 суток. Добавки SikaPlast E4 и «Вега 700.441» имеют примерно одинаковые физико-механические показатели, которые уступают добавке «Поликон R-301». Если сравнивать сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси, то добавка «Поликон R-301» имеет наименьшее значение этого показателя – 180 мин. Максимальное значение сохраняемости удобоукладываемости

бетонной смеси имеет добавка «Вега 700.441» – 300 мин. Высокая сохраняемость позволяет использовать для монолитного домостроения бетонную смесь с «Вега 700.441» в качестве товарного бетона. В целом применение данных поликарбоксилатов уменьшает среднюю крупность пор в бетоне, снижает открытую интегральную пористость, повышая среднюю плотность, что также усиливает морозостойкость и водонепроницаемость бетонов.

Таблица 1

Физико-механические свойства бетона в зависимости от вида добавки

| № | Добавка         | Содержание, % | Состав бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup> |     |     |     | Осадка конуса, см | В/Ц   | Плотность б/с, кг/м <sup>3</sup> | Прочность на сжатие, МПа |          |
|---|-----------------|---------------|--|-----|-----|-----|-------------------|-------|----------------------------------|--------------------------|----------|
|   |                 |               | Ц  | П   | Щ   | В   |                   |       |                                  | 7 суток                  | 28 суток |
| 1 | SikaPlast E4    | 0,6           | 320                                      | 880 | 980 | 190 | 23                | 0,594 | 2 383                            | 35,0                     | 42,0     |
| 2 | «Поликон R-301» | 0,7           | 320                                      | 880 | 980 | 174 | 22                | 0,544 | 2 425                            | 42,4                     | 45,5     |
| 3 | «Вега 700.441»  | 0,5           | 320                                      | 880 | 980 | 190 | 22                | 0,594 | 2 374                            | 36,8                     | 42,2     |

Таблица 2

Сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси в зависимости от вида добавки

| № | Добавка, %            | Время после окончания перемешивания, мин |    |     |     |     |     | Снижение ОК, см |
|---|-----------------------|--|----|-----|-----|-----|-----|-----------------|
|   |                       | 0  | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 |                 |
| 1 | SikaPlast E4 – 0,6    | 23                                       | 23 | 21  | 19  | 11  | –   | 12              |
| 2 | «Поликон R-301» – 0,7 | 22                                       | 22 | 21  | 17  | –   | –   | 5               |
| 3 | «Вега 700.441» – 0,5  | 22                                       | 22 | 22  | 22  | 20  | 12  | 10              |

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применяя суперпластификаторы на основе ПКС, можно эффективно регулировать свойства бетонной смеси и бетона. Из исследуемых добавок SikaPlast E4 – это наиболее универсальная добавка для товарных бетонных смесей, так как она позволяет получить высокую сохраняемость при необходимости, большую раннюю прочность, имеет экономическое обоснование. Специфическая особенность новых типов пластифицирующих добавок (супер- и гиперпластификаторов) обусловлена строением их молекул и действием функциональных групп последних, обеспечивающих адсорбцию, а также длиной боковых цепей (как у поликарбоксилатов), вызывающих дополнительное стерическое отталкивание. Именно этот факт является определяющим, когда мы говорим о большей эффективности поликарбоксилатных добавок по сравнению с простыми пластификаторами.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Юхневский П.И. О механизме пластификации цементных композиций добавками // *Строительная наука и техника*. 2010. № 1–2. С. 64–69.
2. Тарасов В.Н., Гусев Б.В., Петрунин С.Ю., Короткова Н.П., Гарновесов А.П. Оценка эффективности применения поликарбоксилатных пластификаторов для производства бетона // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2018. Т. 4. № 1. С. 29–40.
3. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Палеотип. 2006. 244 с.
4. Зубова М.О. Мелкозернистые бетоны с применением базальтовой фибры и комплексных модифицирующих добавок. Дисс... канд. техн. наук. Волгоград. 2014. 21 с.
5. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня // *Строительные материалы*. 2010. № 1. С. 44–46.
6. Корчунов И.В., Торшин А.О., Перепелицына С.Е., Потапова Е.Н. Действие добавок нового поколения на свойства цемента // *Успехи в химии и химической технологии*. 2018. Т. XXXII. № 2. С. 94–96.
7. Тарасов В.Н., Гусев Б.В., Петрунин С.Ю., Короткова Н.П., Гарновесов А.П. Оценка эффективности применения поликарбоксилатных суперпластификаторов для производства бетона // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2018. Т. 4. № 1. С. 1–12.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

*КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, Тверской государственной технической университет, 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА**

Курятников Ю.Ю. Эффективность суперпластификаторов нового поколения на основе карбоксилатных эфиров // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2022. № 4 (16). С. 81–86.

---

**THE EFFECTIVENESS OF NEW GENERATION SUPERPLASTICIZERS  
BASED ON CARBOXYLATE ESTERS**

*Y.Y. Kuryatnikov*

*Tver State Technical University (Tver)*

**Abstract.** The article presents the results of experimental studies to determine the effectiveness of superplasticizers based on polycarboxylate esters, the mechanisms of their action are given. Of the studied additives, SikaPlast E4 is the most versatile for commercial concrete mixes, as it allows for high preservation, high early strength, and is also economically justified.

**Keywords:** superplasticizer, mechanism of action, polycarboxylate ether, water-reducing effect.

**REFERENCES**

1. Yukhnevsky P.I. On the mechanism of plasticizing cement compositions with additives. *Stroitel'naya nauka i tekhnika*. 2010. No. 1–2, pp. 64–69. (In Russian).
2. Tarasov V.N., Gusev B.V., Petrunin S.Yu., Korotkova N.P., Garnovesov A.P. Performance assessment of polycarboxylate superplasticizers for concrete manufacturing. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2018. Vol. 4. No. 1, pp. 29–40. (In Russian).
3. Izotov V.S., Sokolova Y.A. Himicheskie dobavki dlya modifikacii betona [Chemical additives for concrete modification]. Moscow: Paleotip. 2006. 244 p.
4. Zubova M.O. Fine-grained concrete with the use of basalt fiber and complex modifying additives. Cand. Diss. (Engineering). Volgograd. 2014. 159 p. (In Russian).
5. Nesvetaev G.V., Davidyuk A.N. Influence of some hyperplasticizers on porosity, moisture deformations and frost resistance of cement stone. *Stroitel'nye materialy*. 2010. No. 1, pp. 44–46. (In Russian).
6. Korchunov I.V., Torshin A.O., Perepelicyna S.E., Potapova E.N. The effect of new generation additives on the properties of cement. *Uspekhi v himii i himicheskoy tekhnologii*. 2018. Vol. XXXII. No. 2, pp. 94–96. (In Russian).
7. Tarasov V.N., Gusev B.V., Petrunin S.Yu., Korotkova N.P., Garnovesov A.P. Evaluation of the effectiveness of the use of polycarboxylate superplasticizers for the production of concrete. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2018. Vol. 4. No. 1, pp. 1–12.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*KURYATNIKOV Yury Yuryevich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

**CITATION FOR AN ARTICLE**

Kuryatnikov Y.Y. The effectiveness of new generation superplasticizers based on carboxylate esters // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2022. No. 4 (16), pp. 81–86.