

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ СУПЕРАДСОРБЕНТА НА ВОДОСОДЕРЖАНИЕ ЦЕМЕНТНОЙ МАТРИЦЫ БЕТОНА

**Кадум И.,**

**Савченко С.В.,** к.т.н., доцент

**Коваль С.В.,** д.т.н., профессор

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

koval\_sv@ukr.net

**Аннотация.** Исследовано влияние добавки суперадсорбента (SAP), совместно с суперпластификатором поликарбоксилатного типа на водосодержание и изменение величины водно-цементного отношения цементной пасты как матричной составляющей бетона. Добавка суперадсорбента вводилась в бетонную смесь для редуцирования аутогенной усадки за счет аккумуляции части воды затворения и отдачи ее обратно в матрицу в процессе твердения бетона. Показана возможность суперпластификатора компенсировать рост водосодержания и уменьшить водоцементное отношение до В/Ц=0,25-0,3, что открывает возможности получения высокопрочных бетонов.

**Ключевые слова:** суперадсорбент, суперпластификатор, водосодержание, высокопрочные бетоны.

## ВПЛИВ ДОБАВКИ СУПЕРАДСОРБЕНТА НА ВОДОВМІСТ ЦЕМЕНТНОЇ МАТРИЦІ БЕТОНУ

**Кадум І.,**

**Савченко С.В.,** к.т.н., доцент

**Коваль С.В.,** д.т.н., професор

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

koval\_sv@ukr.net

**Анотація.** Досліджено вплив добавки суперадсорбента (SAP), спільно з суперпластифікатором полікарбоксилатного типу, на водовміст і зміну величини водно-цементного відношення цементної пасты як матричної складової бетону. Добавка суперадсорбента вводилась в бетонну суміш для редукування аутогенної усадки за рахунок акумулювання частини води замішування і віддачі її знову в матрицю в процесі твердіння бетону. Показана можливість суперпластифікатора компенсувати зростання водовмісту і зменшити водоцементний показник до В/Ц = 0,25-0,3, що відкриває можливості отримання високоміцних бетонів

**Ключові слова:** суперадсорбент, суперпластифікатор, водовміст, високоміцні бетони.

## THE INFLUENCE OF SUPERABSORBENT ADDITIVE ON WATER CONTENT OF CONCRETE CEMENT MATRIX

**Kadum I,**

**Savchenko S.V.,** PhD, Assistant Professor

**Koval S.V.** D.Sc., Professor

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

koval\_sv@ukr.net

**Abstract.** An effective way to reduce cracking in high-strength concrete due to autogenous shrinkage is the use of internal care through the introduction of the smallest moisture storages uniformly distributed by volume of concrete cement matrix. Especially effective is the use of superabsorbent (SAP - superabsorbent polymers) polymers as accumulating environment. When adding SAP during the mixing these polymer powders take moisture in excess of 30 times its own weight of the particles.

The aim of research was to evaluate the possibility of minimizing the water-cement ratio with the addition of superabsorbent and super-plasticizer taking into account the prospects of obtaining a high-strength concrete with reduced shrinkage. The authors have performed studies to assess the water requirement of the cement paste as the concrete matrix when adding superabsorbent «AquaGel» and polycarboxylate superplasticizer Pozzolith® Standard. Superabsorbent «AquaGel» - water-swellable crosslinked copolymer of acrylamide and potassium acrylate.

In the absence of superplasticiser and with increasing of superabsorbent amount W/C rate increases to 0,55, which will have a negative affect at the strength of concrete. Increasing the amount of superplasticizer to 0.4% reduces the water-cement ratio to 0,34-0,45. When the amount of superplasticizer is 0,8-1,0% water-cement ratio may be reduced to 0,3-0,25, which indicates the possibility of compensation of increased water content of concrete mixtures with superabsorbent and the prospect of obtaining of high-strength concrete.

According to the experimental results the ES models and their graphic interpretation, describing the effect of the both additives on the water-cement ratio while ensuring the same mini cone spread of 200 mm, were obtained. It is shown that the obtaining of cement pastes with water cement ratio, which is typical for high-strength concretes (in particular, the W/C = 0,35), can be achieved in a very narrow area of the factor space at high dosages of superplasticizer and with amount of superabsorbent exceeding 0,35% of cement weight. The obtained preliminary results, taking into account the studies to reduce shrinkage in the concrete, allowed to recommend the composition of complex additive to specialized construction companies for obtaining of high-strength concrete.

**Keywords:** superabsorbent, superplasticizer, water content, high-strength concrete.

**Введение.** Эффективным способом сокращения трещинообразования в высокопрочных бетонах вследствие аутогенной усадки представляется использование внутреннего ухода путем внедрения мельчайших накопителей влаги, равномерно распределенных по объему цементной матрицы бетона. Особенно действенным является применение суперабсорбирующих (SAP- superabsorbent polymers) полимеров в качестве аккумулирующей среды. При добавлении SAP во время смешивания эти полимерные порошки забирают влагу, в 30 раз превышающую собственный вес частиц. Такого рода полимеры представляют собой новый инновационный материал для производства строительных материалов, имеют значительный потенциал как модифицирующие добавки и теоретически - более высокую эффективность по сравнению с другими водоудерживающими агентами (например, легкими мелкими заполнителями – керамзит, пемза и т.п.) [1, 2].

Ряд исследователей изучали влияние добавок SAP в бетон на его реологические свойства и усадку, а также на рост прочности [3, 4]. Результаты этих исследований частично противоречивы, что может быть в некоторой степени отнесено к зависимости результатов от типа SAP, количества дополнительно поглощенной воды и других изменений в исследованных составах бетона. Создание более крупных пор, с одной стороны, и продолжающаяся гидратация цемента за счет дополнительной подачи воды, с другой стороны (что особенно важно в условиях сухого жаркого климата), как ожидается, влияет на реологию смесей, механические свойства бетона и его долговечность. Кроме того, при использовании SAP в качестве внутреннего водоудерживающего агента, открываются некоторые другие перспективные области применения в бетоне (например, регулирование вязкости смеси во время процесса распыления, повышение морозостойкости и т.д.). Кроме того, есть научно-исследовательские работы по использованию SAP в качестве

капсулирующих ёмкостей для введения растворов химических добавок с дальнейшим равномерным распространением их в матрице бетона.

Значительно расширение объема частиц в результате поглощения воды также влияет на удобоукладываемость свежего бетона. При всех вышеперечисленных преимуществах введение SAP увеличивает водопотребность бетонных смесей, что требует обязательного совместного применения высокоэффективной добавки суперпластификатора. Поэтому необходим тщательный лабораторный анализ этих явлений, прежде чем рекомендовать SAP на базе промышленного применения при производстве высокопрочных бетонов.

**Цель исследований.** Оценка возможности минимизации водоцементного отношения при введении добавок суперабсорбента и суперпластификатора с учетом перспектив получения высокопрочного бетона с редуцированной усадкой.

**Методика исследования.** Авторами проведены исследования по оценке водопотребности цементной пасты как матрицы бетона при введении суперабсорбента «AquaGel» и суперпластификатора поликарбоксилатного типа Pozzolith® Standard. Суперабсорбент «AquaGel» – водонабухающий сшитый сополимер акриламида и акрилата калия. Он представляет собой белый порошок с дисперсностью до 0,01 мм. Для получения цементных паст использован портландцемент СЕМ I 42,5 R, отвечающий норме PN-EN 197-1.

Таблица 1 – Физические свойства суперабсорбента

Содержание сухого продукта	85-90%
Кажущаяся плотность	0,35
Удельный вес	1,10 г/см <sup>3</sup>
рН	6-8
Максимум абсорбции	40 г/г в деионизированной воде

На рис. 1а, б представлены снимки частиц суперабсорбента, полученные при различном увеличении на сканирующем электронном микроскопе VEGA 3 SB с термоэмиссионным вольфрамовым катодом (микроскопические исследования проведены в Варминско-Мазурском Университете в Ольштыне (Польша).

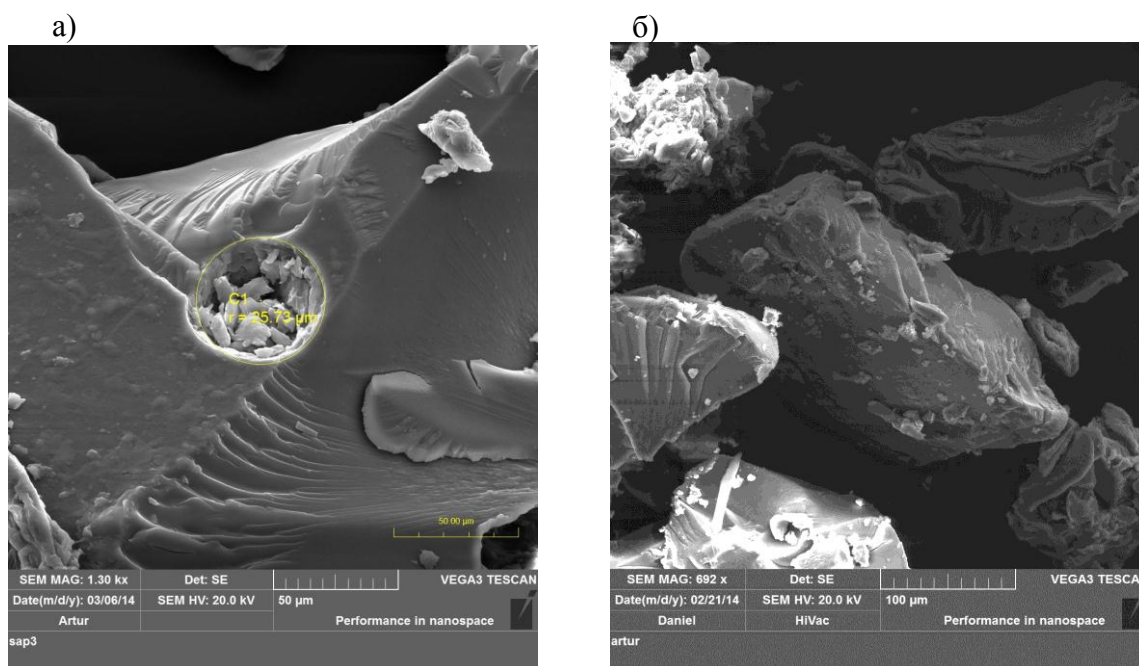


Рис. 1. Микроскопические снимки отдельной частицы (а) и ансамбля частиц (б) суперабсорбента (авторские данные)

Оценка водосодержания проводилась при введении в цементные пасты добавок суперабсорбента (0,1-0,4 % от массы цемента) и суперпластификатора (0,3-1,0 %) с пересчетом на водоцементное отношение. При фиксированных дозировках этих добавок водоцементное отношение увеличивалось на 0,01, при этом измерялся расплыв мини-конуса (конуса Хагермана) с основанием 100 мм. В результате были получены зависимости расплыва конуса при изменении водоцементного отношения от 0,25 до 0,55.

**Результаты исследований.** Зависимости расплыва конуса – водоцементно-цементное отношение для разных сочетаний суперабсорбента и суперпластификатора представлены на рис.2.а-г.

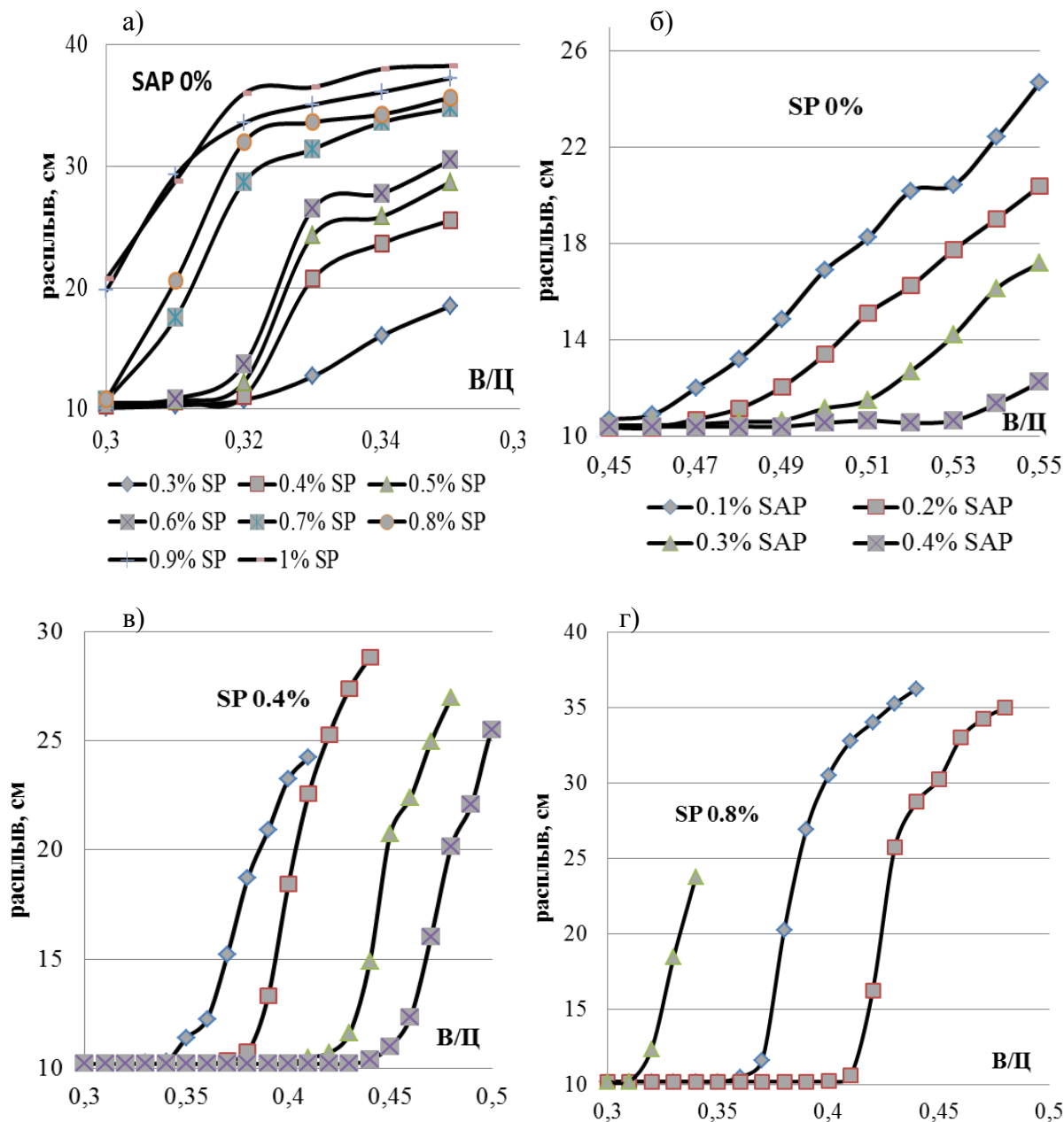


Рис. 2. Зависимости расплыва конуса от показателя В\Ц для цементных паст без суперабсорбента (а) и суперпластификатора (б), а также при изменении количества SAP для дозировок 0,4 % (в) и 0,8 % (г) суперпластификатора

В случае применения повышенных дозировок суперпластификатора без SAP возможно снижение В\Ц до значения менее 0,30. Это открывает возможности для получения высокопрочных бетонов. Концентрация 0,3 % «AquaGel» в смеси обеспечивает двукратное

увеличение поглощения воды (в сравнении с контролем без полимера) с образованием полимер - цементных конгломератов. «AquaGel» не растворяется, а набухает в растворе и за счет вывода из системы воды увеличивает вязкость. На этот факт указывают и исследования авторов, описанные в [5].

При соприкосновении с водой суперабсорбент «AquaGel» интенсивно поглощает ее, превращаясь в плотную гелеобразную массу с образованием отдельных гранул, что не позволяет предварительно насыщать полимер водой при введении в бетонную смесь. Индекс поглощения воды зависит от содержания в ней солей и достигает 400 кг воды на 1 кг «AquaGel». Отсутствие коагуляции показывает, что «AquaGel» совместим с суперпластификатором как химическое соединение.

В отсутствие суперпластификатора показатель В/Ц с ростом количества суперабсорбента возрастает до 0,55 (рис.2. б), причем пропорционально дозировке введенной добавки. Естественно, такой рост водосодержания будет негативно отражаться на прочности бетона.

Характерно, что после достижения порога В/Ц= 0,32 - 0,33, дальнейший рост распыла конуса замедляется, что, вероятно, связано с насыщением поверхности цемента молекулами добавки. Увеличение количества суперпластификатора до 0,4% позволяет снизить водоцементное отношение до 0,34-0,45 (рис.2. в). Отмечается резкое увеличение распыла конуса, по сравнению с цементными пастами, содержащими суперабсорбент. При содержании СП 0,8 % возможно снижение водоцементного отношения вновь до 0,3, что указывает на возможность компенсации повышенного водосодержания бетонных смесей с суперабсорбентом.

По результатам эксперимента получены ЭС-модели и их графические отображения, описывающие влияние обеих добавок (рис.3. а) на водоцементный показатель при обеспечении одинакового распыла мини-конуса, равного 200 мм.

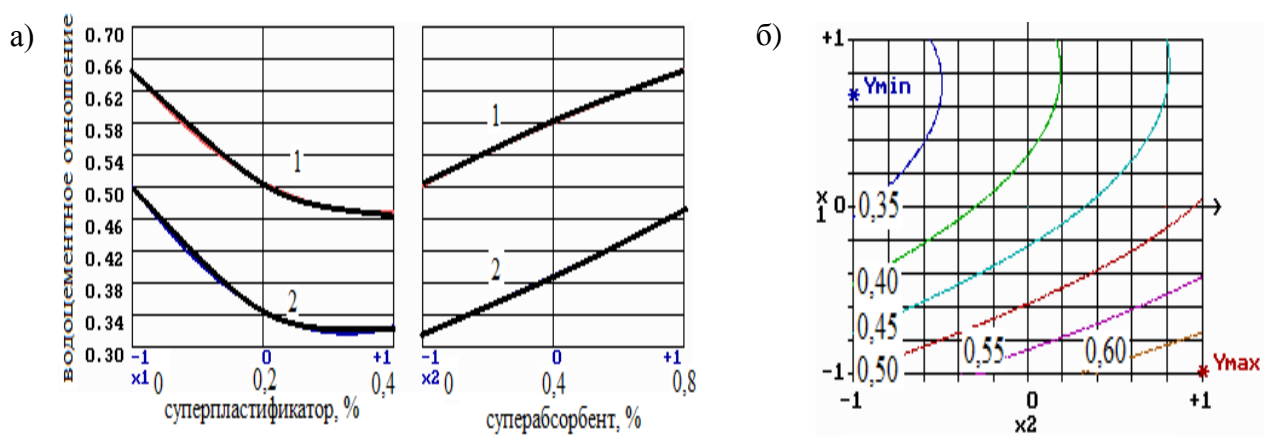


Рис.3. Индивидуальное (а) и комплексное (б) влияние добавок  
1 - в зоне максимума В/Ц; 2 – в зоне минимума В/Ц

Для анализа использованы обобщающие зависимости влияния каждой добавки при закреплении дозировок остальных на тех уровнях, при которых достигаются экстремальные значения исследуемого показателя (в зоне «максимума» и «минимума» В/Ц).

Анализ однофакторных зависимостей (рис.3. а, б) показывает, что влияние суперпластификатора на показатель В/Ц носит нелинейный характер и замедляется при увеличении его количества свыше 0,35 %. Увеличение количества суперадсорбента приводит к пропорциональному росту водоцементного отношения.

Комплексное влияние добавок отражено на диаграмме (рис.3. б). Ее анализ показывает, что получение цементных паст с водоцементным отношением, характерным для высокопрочных бетонов (в частности, В/Ц=0,35) может быть обеспечено в весьма узкой зоне факторного пространства при повышенных дозировках суперпластификатора и количестве

супердсорбента, на превышающем 0,35 % от массы цемента.

**Выводы.** Применение эффективных суперпластификаторов позволяет существенно снизить водоцементное отношение, что открывает возможности получения высокопрочных бетонов. Введение супердсорбента в небольших количествах в высокопрочные бетоны с целью уменьшения аутогенной усадки и трещинообразования приводит к существенному увеличению водосодержания бетонных смесей и росту В/Ц. Целесообразно осуществлять поиск оптимального состава комплексной добавки, обеспечивающего компенсацию роста водоцементного отношения при введении супердсорбента. Полученные предварительные результаты, с учетом исследований по уменьшению усадки и прочности, позволяют рекомендовать исследованный супердсорбент для получения высокопрочных бетонов специализированным строительным фирмам.

### Литература

1. Mechtcherine V. Polimery superabsorpcyjne jako nowe domieszki do betonu, ZBI – Zakłady Betonowe International. – 2, 2012. – P. 34-42
2. Koendersvan E.A.B., der Ham H.W.M., van Breugel K. Viscoelastic Behavior of Concrete Containing Super Absorbent Polymers// On-line Journals Search Results Concrete Technology Today, CT021, Vol 23, No. 1, Portland Cement Association, Skokie, IL, 2002, March 1, 2011, Volume: 278. – P.1-12.
3. Piechówka M. Właściwości reologiczne zaczynów cementowych z dodatkiem polimerowego superabsorbentu (SAP) do wewnętrznej pielęgnacji betonu, Zeszyty Naukowe. Budownictwo / Politechnika Śląska. – z.109, 2006. – P. 271-278.
4. Якубчак А. Влияние супердсорбента на деформативные и реологические свойства цементных систем / А. Якубчак, И. Кадум, С.В. Коваль // Вістник ОДАБА. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2014. – Вип. № 54. – С.321-329.
5. Кадум И. Влияние супердсорбента на реологические свойства цементной матрицы бетона / И. Кадум, С.В. Коваль, С.В. Савченко // Вістник ОДАБА. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2015. – Вип. 57. – С.164-170.