

УДК 691.175:699.8

**ВПЛИВ ПОРОШКОВОГО ПОЛІКАРБОКСИЛАТНОГО
СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРА СІКА ВІСКОКРЕТ 225 НА ВЛАСТИВОСТІ
ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНОГО РОЗЧИНУ**

О.В. КОВАЛЕНКО, А.О. АГЕЄВ

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Наведено результати досліджень міцнісних та реологічних властивостей цементно-піщаного розчину, модифікованого порошковим

© О.В. Коваленко, А.О. Агеєв, 2014

Меліорація і водне господарство. 2014. Вип. 101

суперпластифікатором полікарбоксилатного типу Сіка ВіскоКрет 225(СП СВК 225), як матеріалу для ремонту та відновлення залізо-бетонних гідротехнічних споруд меліоративних систем.

Ключові слова: гідротехнічні споруди, меліоративні системи, суперпластифікатори, цементно-піщані розчини

Актуальність проблеми. Аналіз сучасного технічного стану гідротехнічних споруд (ГТС) меліоративних систем показує, що значна їх частина потребує термінового проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) [1]. Особливо актуальним є питання оперативного усунення локальних структурних пошкоджень у монолітних та збірних залізобетонних конструкціях: тріщин різної ширини розкриття, розущільнених зон, ділянок з підвищеною пористістю, дефектів у стикових з'єднаннях конструкцій тощо.

Традиційні методи ремонту споруд базуються на застосуванні цементно-піщаних розчинів. Однак їхні низькі фізико-механічні характеристики, недостатня корозійна стійкість та низька морозостійкість не відповідають вимогам щодо ефективних ремонтних композицій, властивості яких повинні бути вищими за аналогічні властивості матеріалу, що ремонтується.

Покращання фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів може бути досягнуто за рахунок їх модифікації різними хімічними та мінеральними добавками: суперпластифікаторами, полімерними латексами, армуючими волокнами, мікрокремнеземом тощо [2, 3]. Завдяки такій модифікації можна значно підвищити адгезійні, міцнісні та інші експлуатаційні властивості бетонів, в тому числі дрібнозернистих, які одержують на основі цементно-піщаних розчинових сумішей. Значний потенціал такого модифікування створює раціональні підстави для розробки нових ремонтних композицій.

Застосування в якості модифікаторів порошкових добавок різної хімічної природи відкриває перспективу створення високоякісних ремонтних композицій на основі сухих будівельних сумішей (СБС). Регулювання властивостей СБС за допомогою добавок-модифікаторів передбачає вплив на властивості розчинової суміші (водопотребу, водотримуючу здатність, пластичність, терміни тужавлення, рухливість) та на властивості розчину (пористість, водопоглинання, міцнісні характеристики, морозостійкість та інші).

Різна хімічна природа добавок-модифікаторів визначає широкий спектр механізмів їх впливу на композит, що твердіє і утворюється в результаті взаємодії СБС з водою зачинення. Серед великої різноманітності хімічних добавок-модифікаторів для СБС – водоредукуючих (водопонижуючих), водоутримуючих (загусників), повітровтягувальних, піногасників (антиспінювачів), регуляторів швидкості тужавлення, протиусадочних та протиморозних одне із провідних місць займають суперпластифікатори, найбільш ефективний вид пластифікаторів. Впливаючи на процеси формування структури, особливо на початковій стадії, суперпластифікатори змінюють реологічні властивості цементної системи, сприяють зниженню її водопотреби, що в подальшому позначається на параметрах кристалізаційної структури затверділого композиту.

Класифікація суперпластифікаторів, які застосовують для приготування СБС, не відрізняється від їхньої загальноприйнятої класифікації в бетонознавстві: їх класифікують за складом матеріалів та за основним ефектом у механізмі дії (електростатичному чи стеричному). За фазово-хімічним складом суперпластифікатори для СБС це солі сульфурованих нафталінформальдегідних поліконденсатів, солі сульфурованих меламінформальдегідних поліконденсатів, модифіковані лігносульфонати, акрилові сополімери, полікарбоксилати. В механізмі дії полікарбоксилатів та поліакрилатів переважає стеричний ефект (з більшим відштовхуванням частинок) і ці суперпластифікатори найбільш ефективні при меншій витраті.

Порівняльними дослідженнями суперпластифікаторів різних типів встановлено, що полікарбоксилати характеризуються найбільшим пластифікуючим та водоредукуючим ефектом [4–6]. Традиційні пластифікатори здатні зменшити водопотребу бетонної суміші на 15–25%. Більш сильне водозниження можливе лише при їх введенні при підвищеному дозуванні, однак при цьому спостерігаються такі небажані ефекти як усадка, сильне повітровтягування, відділення води, розшарування суміші, погіршення твердіння бетону. Полікарбоксилатні суперпластифікатори належать до нового класу водознижувачів, які відрізняються від традиційних здатністю знизити водопотребу бетонної суміші до 40%.

Останнім часом ведуться роботи з удосконалення полікарбоксилатних суперпластифікаторів, особливо порошкових [7]. Наразі

розроблено друге і третє покоління порошкових полікарбоксилатних суперпластифікаторів на основі технології ВіскоКрет. Результати цих робіт були використані при розробці нових СБС, а модифікація існуючих полікарбоксилатних полімерів та розробка нових полімерів сприяли покращанню властивостей сухих сумішей, наприклад для підлог та стяжок, що самовирівнюються, та безусадочних розчинів.

Незважаючи на те, що механізм дії суперпластифікаторів різної хімічної природи в цементних системах добре вивчений, застосування порошкових суперпластифікаторів має ряд особливостей, які обумовлені процесом їх переходу від твердого стану до рідкого при малих витратах води. У процесі приготування розчинової суміші, особливо на ранніх стадіях взаємодії СБС з водою зачинення, проходить ряд хаотичних паралельних конкуруючих складних фізико-хімічних процесів, і в першу чергу, процеси розчинення полімерного суперпластифікатора у воді та гідратація цементного в'язучого. Це може призвести до нестійкого рівноважного стану в системі «розчин суперпластифікатора-розчинова суміш» [8].

Якщо в середовищі компонентів СБС та води не буде досягнуто стійкого рівноважного стану (по однорідності концентрації компонентів), досягти однорідності розчинової суміші та затверділого розчину буде вкрай важко, що призведе до різкого зниження експлуатаційних властивостей матеріалу. Крім того, без повного розчинення порошкового суперпластифікатора, яке супроводжується змочуванням, адсорбцією та дифузією води в глибину твердої речовини, досягти необхідного пластифікуючого ефекту неможливо. Отже, при проектуванні складу СБС надзвичайно важливими є питання оптимального дозування суперпластифікатора та оптимального часу приготування розчинової суміші.

У зв'язку з відносною новизною вказаних суперпластифікаторів, їхньою недостатньою дослідженістю, а також враховуючи, що дія даних продуктів у значній мірі залежить від мінерального складу цементу та складу цементного розчину, дозування та молекулярної будови добавки, актуальними залишаються питання, пов'язані із впливом таких добавок на гідратацію цементу, особливості структуроутворення цементних систем, фізико-механічні та технологічні властивості бетонів, а також на особливості «роботи» таких пластифікаторів у комплексі з іншими добавками. Крім того, не досліджена також у повній мірі

сумісність системи «портландцемент-добавка Сіка ВіскоКрет 225», тобто здатність такої добавки при взаємодії з цементом та іншими компонентами забезпечувати та підтримувати задані властивості бетонної суміші та бетону, що твердіє, протягом необхідного часу. Недооцінка факторів сумісності може привести до негативних наслідків у бетоні: швидкої втрати рухомості суміші, її розшарування, сповільнення набору міцності [7].

Теоретичним підґрунтям вирішення вказаних проблем є оцінка сумісності хімічних добавок за допомогою термодинамічних та кінетичних характеристик (із застосуванням методів калориметрії та термодинамічного аналізу) за основними критеріями розвитку процесу гідратації цементу: тривалістю індукційного періоду, максимальною швидкістю гідратації та ступенем завершеності гідратації [9]. Кінетичні параметри, у свою чергу, пов'язані з технологічними характеристиками-термінами тужавлення, темпами набору міцності та збереженістю бетонної суміші в часі.

Кінетичні та термодинамічні характеристики ранніх стадій гідратації цементу можуть з фізико-хімічних позицій охарактеризувати вплив хімічних добавок на цементні системи, однак при проектуванні бетонів ефективним способом, перш за все, є експериментальна перевірка сумісної «роботи» цементу і добавки, вивчення реологічної сумісності системи «портландцемент-добавка Сіка ВіскоКрет 225».

Результати досліджень. Досліджували вплив порошкового суперпластифікатора на основі модифікованого полікарбонату Сіка ВіскоКрет 225 на реологічні властивості розчинової суміші та на міцнісні характеристики цементно-піщаного розчину.

У дослідженнях застосовували:

-портландцемент ПЦ 1-500 ПАТ «Волинь-цемент». Мінералогічний склад клінкеру, %: C_3S -57,1; C_2S -21,3; C_3A -6,9; C_4AF -12,2;

-пісок річковий Дніпровський з модулем крупності $M_{кр}=1,2$. Вміст фракції менше 0,14–5,6%;

-суперпластифікатор порошковий Сіка ВіскоКрет 225 (СП СВК 225).

Розчинові суміші готували з використанням ручного низькооборотного електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., а потім приготовану суміш перемішували з водою протягом 5 хв. Цементно-піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків складало 1:2,5.

Для одержаних розчинових сумішей визначали рухомість (Р) за ДСТУ Б В. 2.7–239:2010, а для затверділого розчину – міцність на згин за ДСТУ Б В. 2.7–114:2002. Зразки – балочки розміром 4x4x16 см витримували в нормально-вологих умовах протягом 28 діб.

Результати досліджень впливу вмісту СП СВК 225 на рухливість розчинових сумішей наведено на рис. 1.

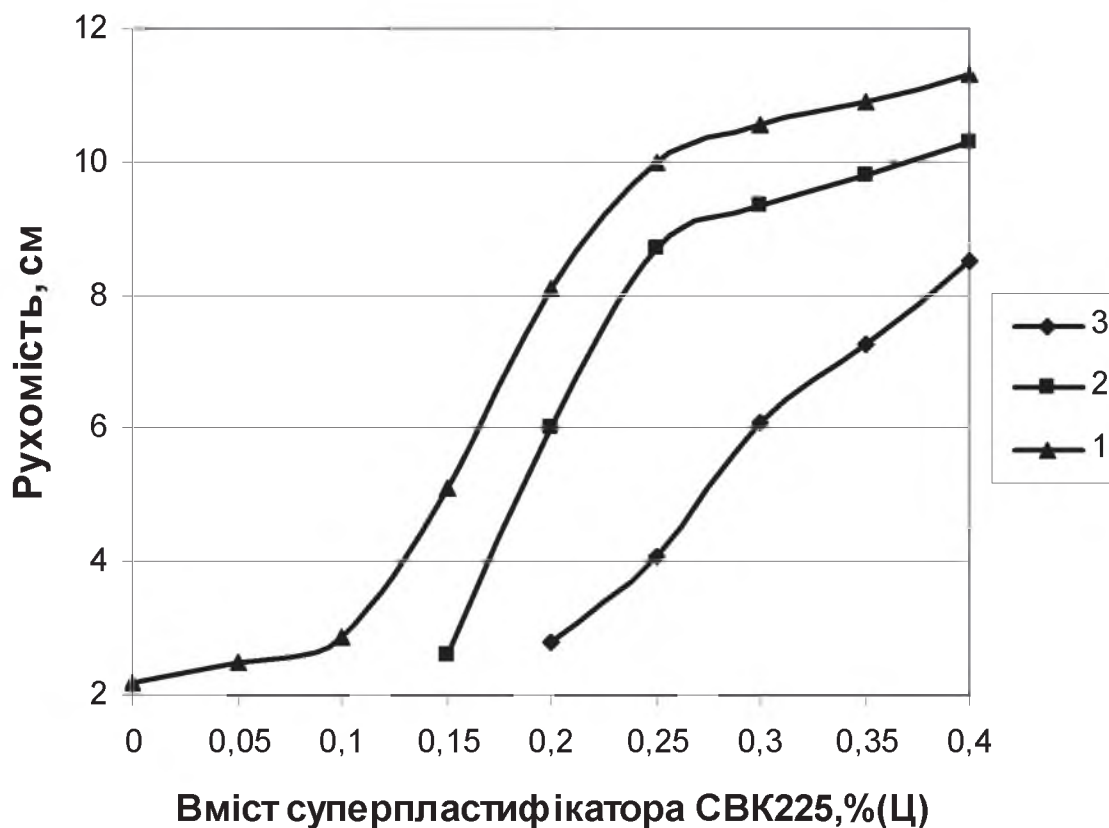


Рис. 1. Вплив вмісту СП СВК 225 на рухомість цементно-піщаного розчину при: 1 – В/Ц = 0,4; 2 – В/Ц = 0,35; 3 – В/Ц = 0,3

Як видно з рис. 1, при введенні в розчинову суміш суперпластифікатора її рухомість значно збільшується. Найбільш різке зростання рухомості спостерігається при вмісті СП СВК 225 від 0,1 до 0,3% від маси цементу. При вмісті суперпластифікатора в кількості 0,3% рухомість суміші зростає в декілька разів: від 2,2 см до 10,9 см при водоцементному відношенні (В/Ц) рівному 0,4, до 9,8 см при В/Ц = 0,35 і до 7,1 см при В/Ц = 0,3. Одержані результати свідчать про високу пластифікуючу здатність Сіка ВіскоКрет 225.

Для визначення впливу СП на водопотребу розчинової суміші досліджували залежність В/Ц від вмісту СП для сумішей рівної рухомості (рис. 2), а також вплив СП на нормальну густину (НГ) цементного тіста (рис. 3).

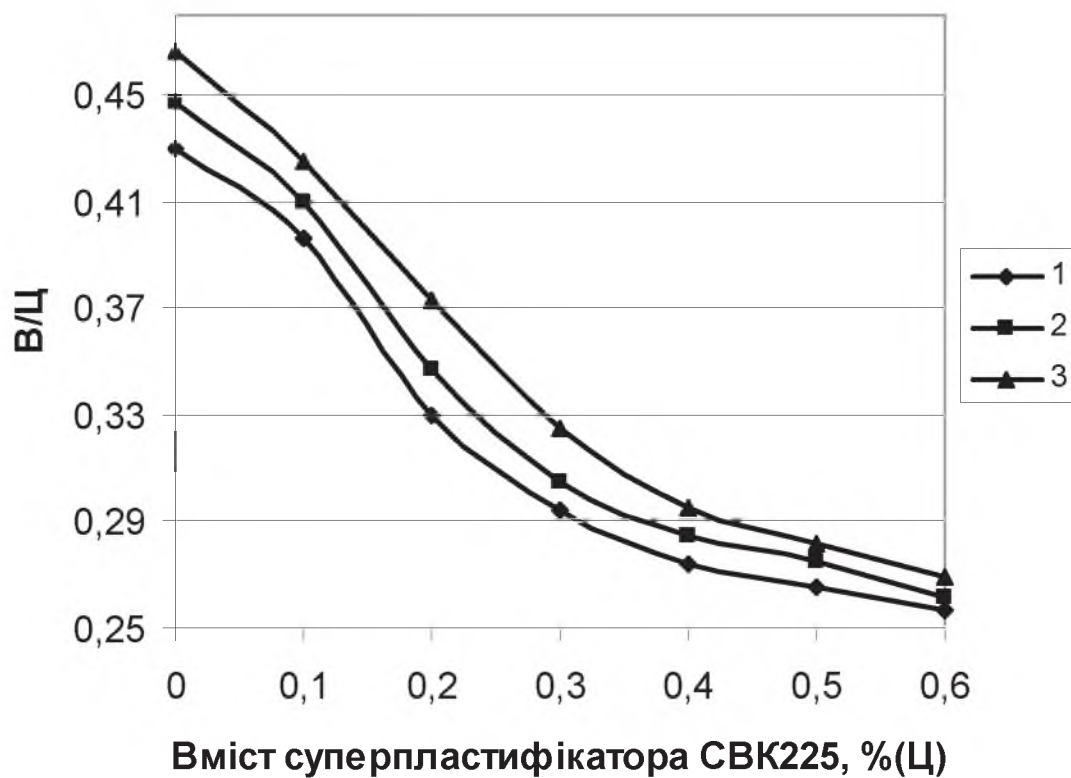


Рис. 2. Залежність В/Ц від вмісту СП СВК 225 при Р: 1 – 3,5 см; 2 – 4,5 см; 3 – 5,5 см

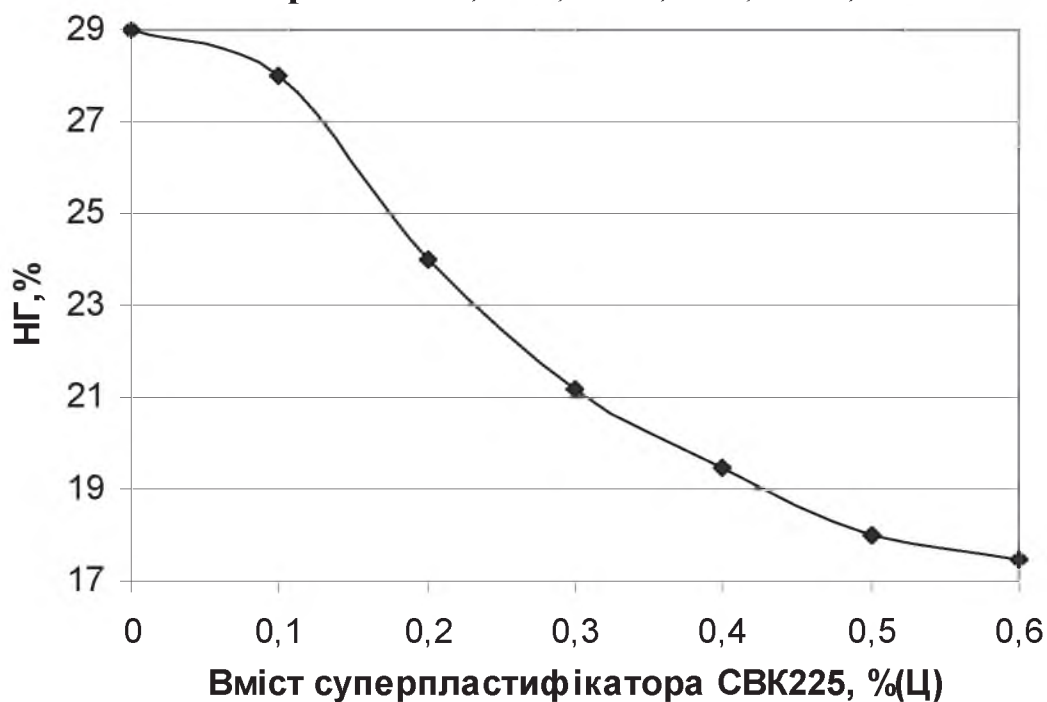


Рис. 3. Вплив вмісту СП СВК 225 на НГ цементного тіста

Як видно з рис. 2 та 3, при введенні суперпластифікатора в розчинові суміші спостерігається три діапазони характеру зниження В/Ц і НГ: 0–0,1%, 0,1–0,3%, 0,3–0,6% .

Найбільш різке зниження В/Ц і НГ спостерігається при вмісті СП в діапазоні 0,1–0,3% від маси цементу. Максимальне зниження В/Ц спостерігається при вмісті СП 0,6% від маси цементу: з 0,47 до 0,27 при рухомості розчину 5,5 см; з 0,45 до 0,26 при рухомості 4,5 см; з 0,43 до 0,25 при рухомості 3,5 см, тобто зниження В/Ц складає 40–43%. НГ цементного тіста при цьому знижується з 29,0% до 17,5%. Одержані дані свідчать про високу водоредукуючу здатність СП СВК 225.

Результати досліджень міцнісних характеристик пластифікованого розчину показують, що при незмінному В/Ц існує певний вміст СП, при якому міцність на згин досягає максимального значення (рис. 4). Цей вміст складає 0,1% від маси цементу при В/Ц = 0,4, 0,15 % – при В/Ц = 0,35, 0,25% – при В/Ц = 0,30.

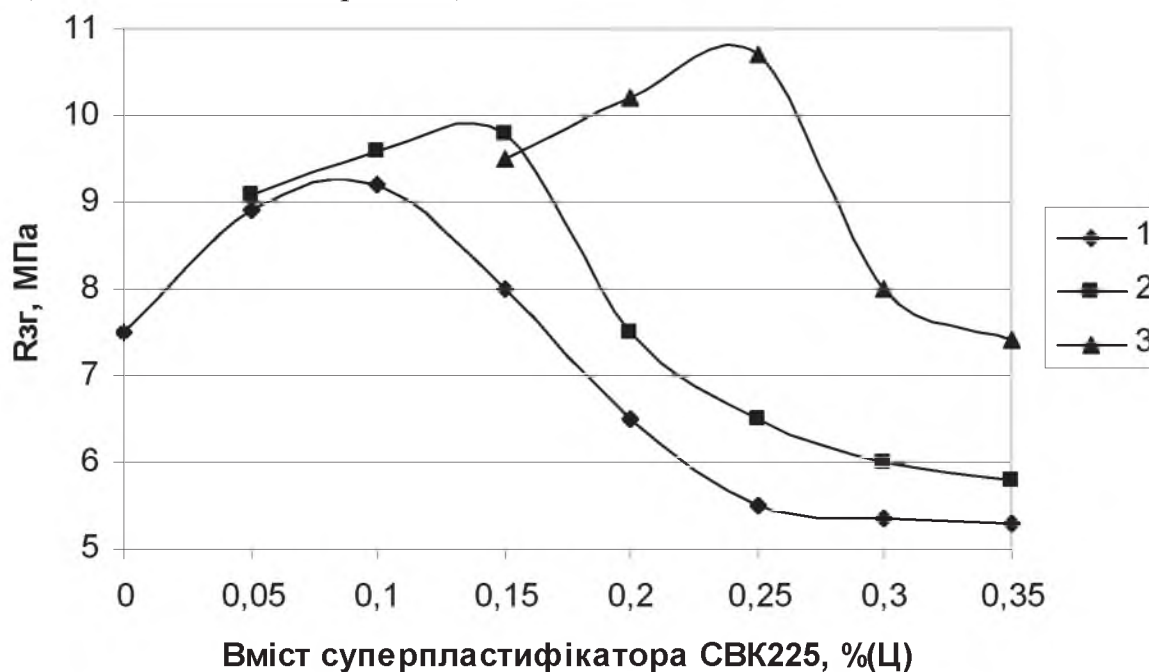


Рис. 4. Вплив вмісту СП СВК 225 на міцність при згині розчину:
1 – В/Ц = 0,40; 2 – В/Ц = 0,35; 3 – В/Ц = 0,30

Вміст СП, при якому досягається максимум міцності на згин, збільшується із зменшенням величини В/Ц, тобто із збільшенням жорсткості розчинових сумішей. Так, при В/Ц = 0,28 максимум досягається при вмісті СП 0,6% від маси цементу і $R = 2,0$ см. Введення в суміш указаних концентрацій СП СВК 225 призводить до збільшення міцності на згин на 10–30%. Подальше збільшення вмісту СП СВК 225 призводить до спаду міцності розчину.

Аналізуючи одержані результати досліджень, приходимо до висновку, що ефект зміцнення розчину при введенні СП СВК 225 при

незмінному В/Ц спостерігається тільки в жорстких сумішах. У пластично-литих та литих сумішах із ростом вмісту СП СВК 225 і, як наслідок, із збільшенням рухомості розчину без одночасного зменшення В/Ц міцність розчину знижується (рис. 5).

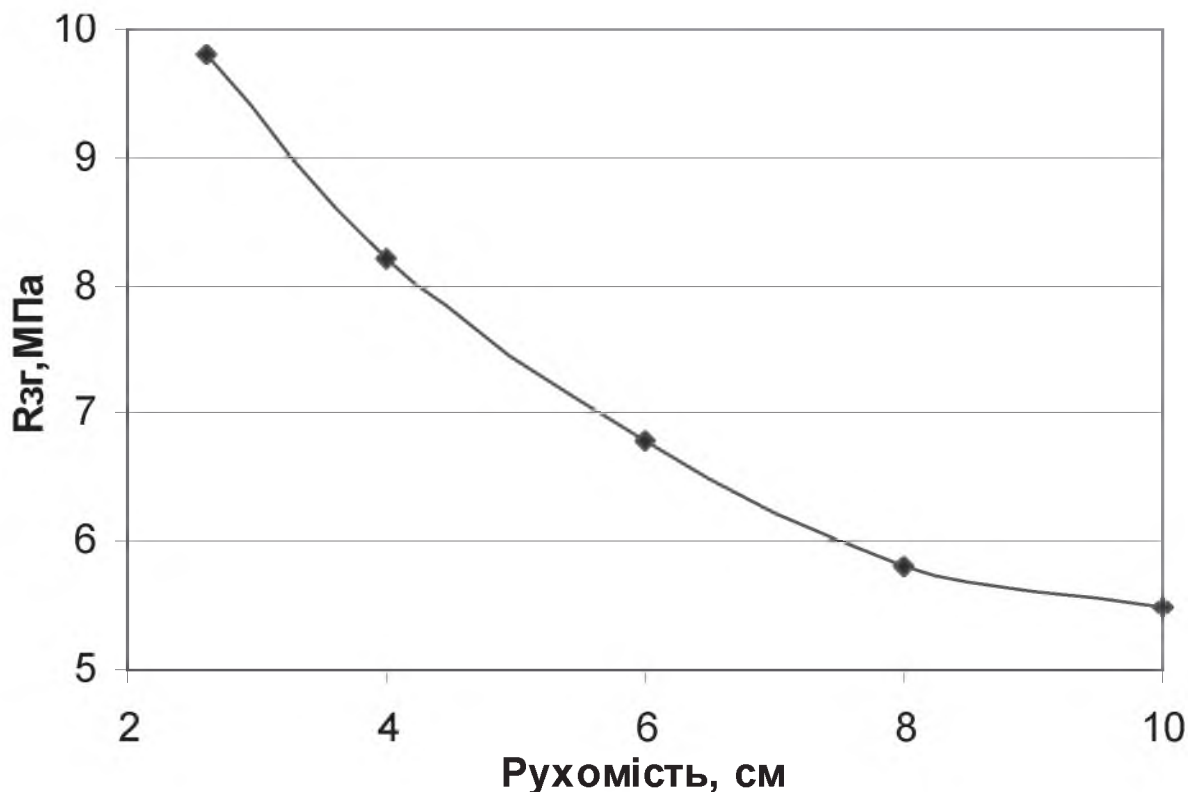


Рис. 5. Залежність міцності на згин розчинів від рухомості пластифікованих розчинових сумішей (В/Ц = 0,35)

Зниження міцності розчину із зростанням рухомості пластифікованих сумішей можна пояснити підвищеним повітровтягуванням, характерним для суперпластифікаторів полікарбоксилатного типу, та збільшенням загальної пористості цементного каменю [10], що негативно впливає на міцність бетону.

Залежність міцності на згин розчинів від вмісту СП СВК 225 для рівнорухомих розчинів (воду добавляли в розчинову суміш до досягнення рівної рухомості) наведено на рис. 6.

Як видно із рис. 6, при збільшенні вмісту суперпластифікатора від 0% до 0,35% від маси цементу міцність цементно-піщаних зразків на згин зростає на 20% і практично не змінюється при подальшому збільшенні його вмісту.

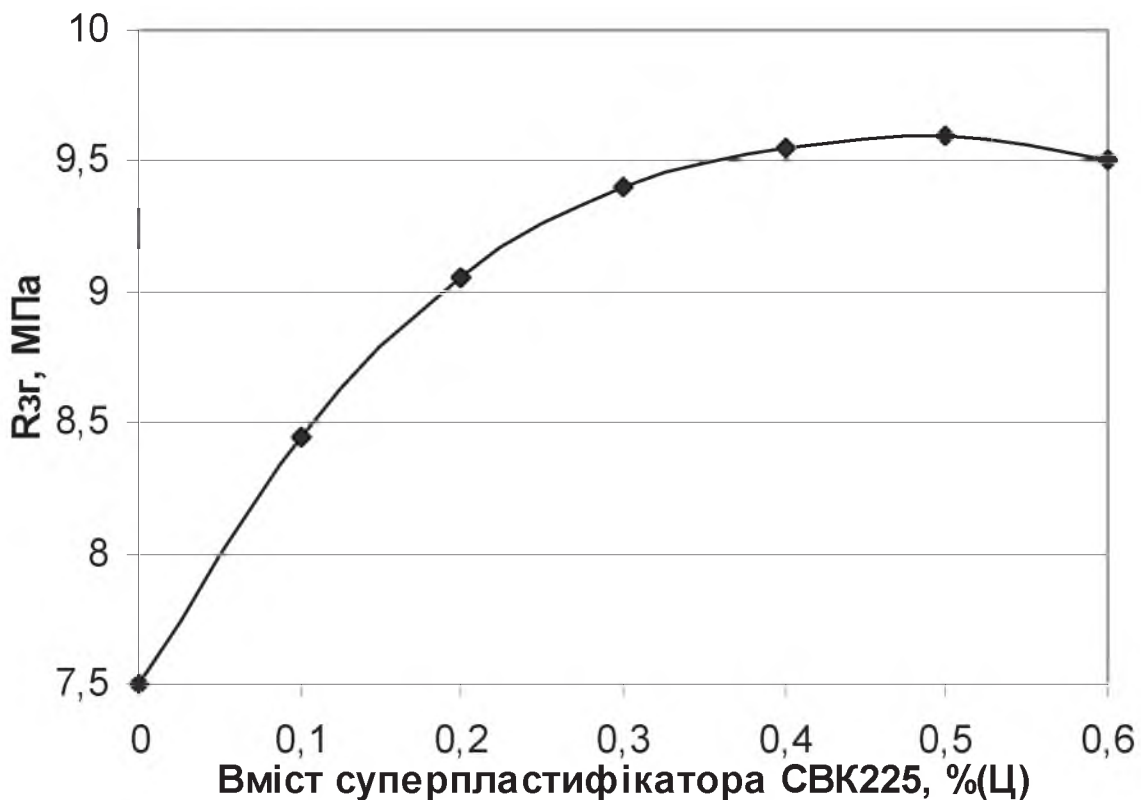


Рис. 6. Вплив вмісту СП СВК 225 на міцність при згині розчинів, одержаних із рівнорухомих сумішей (Р = 5,0 см.)

Отже, вміст СП СВК 225 0,35% від маси цементу можна вважати оптимальним у цементно-піщаному розчині. Одержані дані обернено корелюються із впливом вмісту СП СВК 225 на В/Ц розчину (рис. 2).

Висновок. Дослідженнями встановлено, що модифікація цементно-піщаного розчину порошковим суперпластифікатором полікарбонатного типу Сіка ВіскоКрет 225 дозволяє підвищити його технологічні та міцнісні характеристики, що відкриває перспективу створення нових ефективних композицій для ремонту та відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд меліоративних систем на основі сухих будівельних сумішей.

1. Коваленко О.В. Розвиток наукових основ та практичних засад ведення ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах водогосподарсько-меліоративного комплексу / О.В. Коваленко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2011. – № 42. – С. 21–25.

2. *Батраков В.Г.* Модифицированные бетоны. Теория и практика. / В.Г.Батраков // – М., 1998. – 768 с.
3. Химические и минеральные добавки в бетон / под. редакцией А. Ушерова–Маршака. – Х.: Колорит, 2005. – 280с.
4. *Сучасні бетони на основі комплексних модифікаторів нової генерації.* / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, І.І. Кіракевич, Н.І. Топилко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2011. – Вип. 29. – С. 98–102.
5. *Гамалий Е.А.* Комплексные модификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов и активных минеральных добавок для тяжелого конструкционного бетона / Е.А. Гамалий // автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Челябинск. – 2009. – С. 22.
6. *Цементи* низької водопотреби та бетони на їх основі із застосуванням дисперсних техногенних продуктів / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, Ю.В. Гарніцький [та ін.] // Строительные материалы и изделия. – 2012. – № 3. – С. 2–7.
7. *Leif Holmberg.* Новые разработки в области порошковых поликарбоксилатных суперпластификаторов Viscocrete / Leif Holmberg, Gens Engstrand, М.А. Прохоренко // Строительные материалы и изделия. – 2008. – № 3. – С.21–23.
8. *О роли добавок* в технологии монолитного домостроения./ А.А. Кучеренко, Л.И. Демарский, Б.А. Родин, В.Т. Чепелев // Вісник ОДАБА, Одеса. – 2005. – Вип.17. – С. 147 – 155.
9. *Ушеров-Маршак А.В.* Калориметрия в оценке эффективности добавок как функция их совместимости / А.В. Ушеров-Маршак, М. Циак, А.В. Кабусь // Строительные материалы и изделия. – 2009. – № 2. – С. 5–6.
10. *Троян В.В.* Дослідження факторів довговічності цементного каменю, пластифікованого суперпластифікаторами полікарбоксилатного типу / В.В. Троян, В.В. Осипенко, С.В. Терещенко // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – Вип. 39. – 2011. – С. 98–102.

Приведены результаты исследований прочностных и реологических свойств цементно-песчаного раствора, модифицированного порошковым суперпластификатором поликарбоксилатного типа Сика ВискоКрет 225 как материала для ремонта и восстановления железобетонных гидротехнических сооружений мелиоративных систем.

It is given the study results on strength and rheological properties of cement-sand mortar modified with the powder superplasticizing admix of polycarboxylate type as Sika Visko as a material for repair and restoration of concrete hydraulic structures of reclamation systems.