

УДК 666.96

## ВПЛИВ ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЇ ФІБРИ НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНИХ РЕМОНТНИХ РОЗЧИНІВ

О.В. КОВАЛЕНКО, канд.техн.наук

А.О. АГЕЄВ

О.Ю.САКАРА

ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ

*Наведено результати досліджень фізико-механічних властивостей цементно-піщаних розчинів, модифікованих поліпропіленою фіброю для ремонту та відновлення залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу*

**Ключові слова:** цементно-піщаний розчин, поліпропіленова фібра, фізико-механічні властивості, реологічні властивості, модифікуючі добавки

**Вступ.** Гідротехнічні споруди (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу (ВМК) в процесі експлуатації під дією механічних, атмосферних, хімічних та інших агресивних факторів зазнають значних руйнувань і з часом втрачають свої проектні характеристики. У зв'язку з цим актуальними є питання ремонту і реконструкції споруд для відновлення їхньої функціональної здатності. За останні десятиріччя спостерігається зростання пошкодзованості залізобетонних конструкцій ГТС ВМК. Зниження експлуатаційної надійності залізобетонних ГТС унаслідок їхньої недостатньої стійкості до дії зовнішнього середовища обумовлює необхідність оперативного проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) із застосуванням нових ефективних ремонтно-захисних композиційних матеріалів.

Одним із напрямків вирішення даної проблеми може бути застосування в практиці РВР дисперсно-армованих ремонтних сумішей на цементному в'язучому, які містять неметалеві армуючі волокна (фібру). У результаті твердіння такі суміші здатні утворювати на пошкодженій поверхні бетону шар розчину з підвищеними фізико-механічними властивостями.

**Аналіз попередніх досліджень.** Фіробетон, як і традиційний бетон, становить собою композиційний матеріал, який додатково включає рівномірно розподілений у структурі композиту волокнистий наповнювач. За рахунок використання дисперсного армування можливо підвищити зносостійкість, тріщиностійкість, водонепроникність та міцнісні показники бетону, в тому числі дрібнозернистого [1-3]. При тонкошаровому нанесенні виникає потреба підвищення тріщиностійкості матеріалу. Тому використання в ремонтно-гідроізоляційних сумішах фібри є перспективним.

Армуючі волокна забезпечують збільшення міцності на розтяг та згин, ударної в'язкості, морозостійкості, деформаційної здатності, тріщиностійкості бетону, компенсацію недоліків фракційного складу, зниження усадки, що виникає під час твердіння бетону, поліпшення тіксотропних властивостей і фіксує здатності бетонних сумішей [4]. Фіброве армування не має суттєвого впливу на міцність бе-

тону на стиск, однак значно підвищує міцність на розтяг та згин [5].

Зважаючи на умови експлуатації ГТС ВМК, для ремонтно-гідроізолюючих розчинів слід застосовувати полімерну фібру, яка не схильна до корозії. Фібра із синтетичних волокон (поліпропіленових, нейлонових, поліефірних, поліамідних, акрилових, поліетиленових) є найбільш дешевою і хімічно стійкою. З усіх видів полімерних волокон найбільш перспективними для ремонтно-гідроізолюючих розчинів є поліпропіленові. Поліпропіленову фібру відрізняє відносно високий модуль пружності (до 8000 МПа), висока хімічна стійкість і міцність на розтяг (до 770 МПа), широкий температурний діапазон застосування [5].

Незважаючи на багаточисленні лабораторні дослідження інформація про вплив концентрації поліпропіленої фібри на властивості цементно-піщаного розчину як матеріалу для ремонту та відновлення бетону ГТС ВМК в науковій літературі обмежена. Метою даної роботи було встановлення впливу поліпропіленої фібри на фізико-механічні властивості традиційних та модифікованих органічно-мінеральною добавкою цементно-піщаних ремонтних розчинів.

**Методика досліджень.** У дослідженнях застосовували матеріали: портландцемент ПЦ 1- 500 ПАТ «Волинь-цемент», пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{кр} = 1,49$ , мікрокремнезем марки Elkem Microsilica, порошковий полікарбонатний суперпластифікатор марки Sika ViscoCrete 225, волокно армуюче поліпропіленове марки ВАП (фібра) (ТУ У 24.7-32781078-001:2006).

Технічні характеристики поліпропіленої фібри:

- лінійна щільність -  $2...3 \text{ dtex}$ ;
- діаметр -  $18...20 \text{ мкм}$ ;
- довжина -  $4...6 \text{ мм}$ ;
- питома вага -  $0,91 \text{ т/м}^3$ ;
- модуль Юнга -  $3000 \text{ Н/мм}^2$ ;
- міцність на розтяг -  $300 \text{ Н/мм}^2$ ;
- температура розм'якшення -  $160^\circ\text{C}$ .

Суміші готували з використанням ручного низькооборотного електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., а потім цю суміш перемішували з водою протягом 5 хв. Цементно-

піщане відношення (Ц:П) для всіх зразків складало 1:3.

Для одержаних розчинових сумішей визначали рухомість  $R$  (см), а для розчину – міцність на стиск  $R_{ст}$  (МПа) і на розтяг при згині  $R_{зг}$  (МПа) згідно ДСТУ Б В. 2.7–239:2010 «Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ)». Міцність на розтяг при згині визначали на зразках-балочках розміром 40x40x160 мм, міцність на стиск - на половинках зразків-балочок. Ударну міцність розчинів оцінювали шляхом випробувань зразків-кубів з ребром 7,07 см на лабораторному копрі.

**Результати досліджень.** Для визначення впливу поліпропіленової фібри на технологічні властивості цементно-піщаних розчинових сумішей та на фізико-механічні властивості розчинів досліджували залежність водоцементного відношення (В/Ц) рівнорухомих сумішей та залежність міцнісних показників фіброцементних розчинів від вмісту фібри. Результати досліджень показують, що введення поліпропіленової фібри в суміш збільшує В/Ц (рис.1), тобто підвищує її водопотребу.

Збільшенням В/Ц розчинової суміші пояснюється зниження міцнісних показників фіброцементно-піщаного розчину в результаті введення в суміш поліпропіленової фібри (рис.2).

Як видно з рис.2а, введення в цементно-піщану суміш поліпропіленової фібри в кількості 0...0,3% від маси цементу практично не змінює міцність на розтяг при згині цементно-піщаного розчину. При подальшому збільшенні концентрації фібри спостерігається зниження цього показника: при вмісті 0,6% міцність на розтяг при згині складає 85,9 % від початкової. Вплив фібри на міцність на стиск цементно-піщаного розчину негативний (рис.2б). При вмісті фібри 0,6% від маси цементу величина цього показника складає 77,6% від початкової.

Результати досліджень свідчать про позитивний вплив поліпропіленової фібри на ударну міцність цементно-піщаного розчину (рис.3): при введенні фібри в цементно-піщану суміш у кількості 0,3...0,6% від маси цементу ударна міцність ремонтного розчину зростає з 2,2 Дж/см<sup>2</sup> до 2,8-2,95 Дж/см<sup>2</sup> (приріст складає 34 %).

Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщаний розчин позитивно впливає на його тріщиностійкість (рис. 4). З підвищенням концентрації фібри в суміші від 0 до 0,6% від маси цементу коефіцієнт тріщиностійкості розчину збільшується з 0,177 до 0,214, тобто в 1,21 рази. З подальшим збільшенням концентрації фібри в розчині коефіцієнт тріщиностійкості знижується, але залишається вищим ніж у неармованих розчинів.

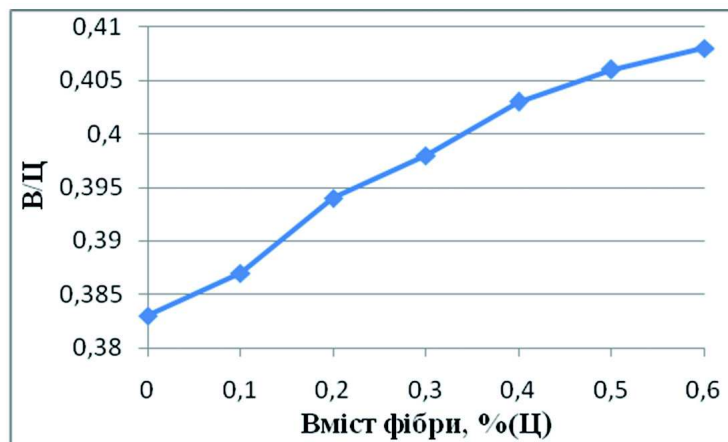


Рис. 1. Вплив вмісту поліпропіленової фібри на В/Ц рівнорухомих сумішей ( $R=3,0$  см)

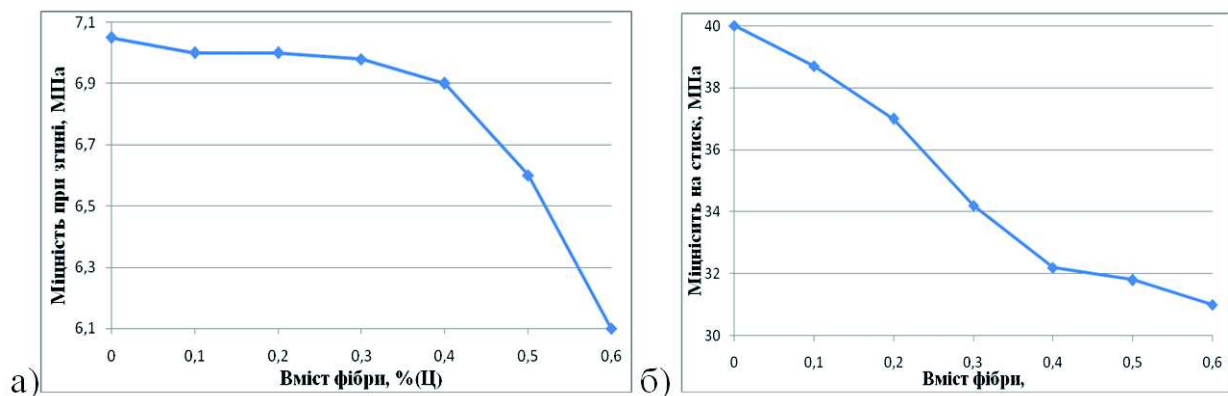


Рис.2. Вплив вмісту поліпропіленової фібри :а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск цементно-піщаних розчинів

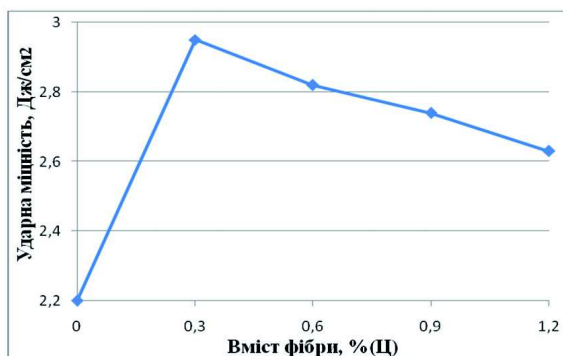


Рис.3. Вплив поліпропіленової фібри на ударну міцність цементно-піщаних розчинів

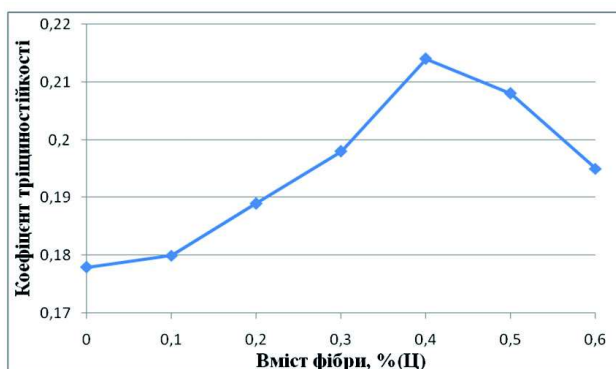


Рис. 4. Вплив вмісту поліпропіленової фібри на коефіцієнт тріщиностійкості цементно-піщаного розчину

Досліджували вплив поліпропіленової фібри на міцнісні характеристики цементно-піщаних розчинів, модифікованих комплексною добавкою, яка складається з тонкодисперсного мікрокремнезему (МК) в кількості 5...25 % від маси цементу та порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора (СП) в кількості 0,1...0,5% від маси цементу (рис.5).

Як видно з рис.5, при введенні поліпропіленової фібри в кількості 0,3%...0,6% від маси цементу в цементно-піщану суміш, модифіковану МК та СП, міцність на розтяг при згині цементно-піщаного розчину збільшується в 1,15...1,17 рази, міцність на стиск – в 1,05...1,10 рази. Отже, в модифікованих розчинах, на відміну від немодифікованих, проявля-

ється зміцнюючий ефект від введення поліпропіленової фібри. Це можна пояснити тим, що поліпропіленова фібра утворює єдиний моноліт з однорідною та більш щільною капілярно-пористою структурою модифікованого цементно-піщаного розчину.

Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщану суміш дещо підвищує водопоглинання цементно-піщаного розчину (рис.6): при вмісті фібри 0,1...0,3% від маси цементу – з 7,07% до 7,53% за 24 год; при вмісті 0,6...0,9% - з 7,07% до 8,42% за 24 год. Таке підвищення водопоглинання розчину можна пояснити збільшенням В/Ц суміші при введенні в її склад поліпропіленової фібри.

**Висновок.** Введення поліпропіленової фібри марки ВАП в цементно-піщані суміші в кількості

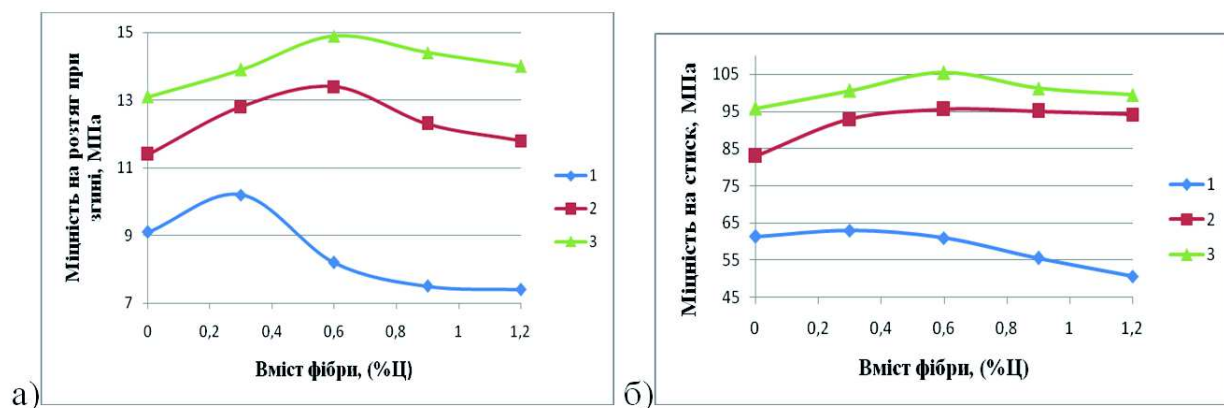


Рис.5. Вплив вмісту поліпропіленової фібри: а) на міцність на розтяг при згині; б) на міцність на стиск модифікованих цементно-піщаних розчинів

1 - МК=5 %(Ц), СП=0,1 %(Ц); 2 - МК=15 %(Ц), СП=0,3 %(Ц); 3 - МК=25 %(Ц), СП=0,5 %(Ц)

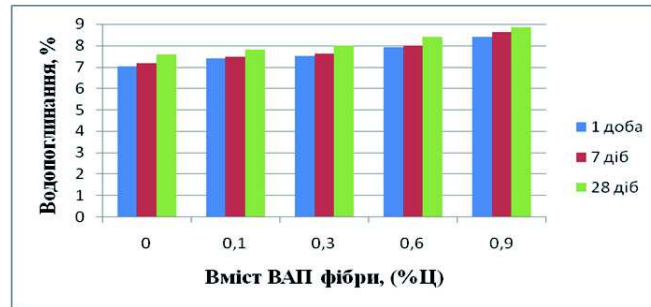


Рис.6. Залежність водопоглинання цементно-піщаного розчину від вмісту поліпропіленової фібри

0,3...0,6% від маси цементу є ефективним методом підвищення тріщиностійкості та ударної міцності розчинів. Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщані ремонтні суміші, модифіковані органо-мінеральною добавкою, яка складається з полікарбоксилатного суперпластифікатора та мікрокремнезема, забезпечує підвищення міцності розчинів на стиск на 8...10% та міцності на розтяг при згині на 15...20%.

#### Бібліографія

1. Гапоненко Е.А. Фибробетоны повышенной морозостойкости, водонепроницаемости и стойкости к динамическим воздействиям / Е.А. Гапоненко, А.В. Мишутин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, Випуск 29 - Одеса: вид-во ЗРС.- 2008. - С. 64-70.
2. Гапоненко Е.А. Мелкозернистые дисперсно-армированные бетоны повышенной водонепроницаемости, морозостойкости и трещиностойкости для гидротехнических сооружений мелиорации / Е.А. Гапоненко, А.В. Мишутин, С.А. Кровянов // Матеріали науково-практичного семінару «Бетони і розчини з використанням ефективних добавок та відходів промисловості» - Київ: Поліпром.- 2008. - С.59-64.
3. Рабинович Ф.Н. О некоторых особенностях разрушения фибробетона при действии ударных нагрузок / Ф.Н. Рабинович // Бетон и железобетон. - 1980 - № 6.- С. 26-28.
4. Скрипченко В.С. Фибра для бетона, новые методы армирования / В.С. Скрипченко // Бетон и железобетон.- 2010. - № 3. - С.15-19.
5. Барашиков А.Я. Влияние материала фибры на эксплуатационные свойства фибробетонів / А.Я. Барашиков, В.К. Мельник, Т.А. Рябенко // Промислове будівництво та інженерні споруди.-2012. - №14.-С. 41-44.

А.В. Коваленко, А.О. Агеев, О.Ю. Сакара

#### Влияние полипропиленовой фибры на свойства цементно-песчаных ремонтных растворов.

Приведены результаты исследований физико-механических свойств цементно-песчаных растворов, модифицированных полипропиленовой фиброй для ремонта и восстановления железобетонных гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса.

A.V. Kovalenko, A.O. Ageev, O.Y. Sakara

#### Effect on properties of polypropilen fiber cement sand repair solution

The results of studies of physical and mechanical properties of the cement-sand mortar, modified polypropylene fibers for concrete repair and restoration of waterworks Water Management and reclamation complex