

# ГІДРОТЕХНІКА

УДК 691.175:699.8

## МОДИФІКОВАНІ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНІ РОЗЧИНИ ДЛЯ РЕМОНТУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ВОДОГОСПОДАРСЬКО-МЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ

---

О.В. КОВАЛЕНКО

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Наведено результати досліджень технологічних та фізико-механічних властивостей цементно-піщаного розчину, модифікованого полікарбонатним суперпластифікатором, стирол-акрилатним латексом, базальтовою та поліпропіленовою фіброю, як матеріалу для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.*

**Ключові слова:** водогосподарсько-меліоративний комплекс, гідротехнічні споруди, цементно-піщані розчини, модифікатори

**Актуальність проблеми.** Аналіз сучасного технічного стану гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу показує, що значна їхня частина перебуває в обмежено роботоздатному стані, а деякі споруди повністю вичерпали свій експлуатаційний ресурс і є аварійними [1]. У зв'язку з цим гостро стоїть питання відновлення проектних показників споруд, підвищення їхньої експлуатаційної довговічності. Одним із шляхів роз'язання даної проблеми є будівництво нових споруд, які відповідатимуть сучасним вимогам. Однак такий підхід потребує великих капітальних витрат, які через складну економічну ситуацію в країні здійснити неможливо. Тому нині актуальні нові технології ремонту і реконструкції ГТС, які дають змогу проводити роботи без виведення або із частковим виведенням

© О.В. Коваленко, 2013

Меліорація і водне господарство. 2013. Вип.100

споруд із експлуатації. Проблема полягає в тому, що експлуатаційні організації стикаються з труднощами оцінки і вибору тих або інших методів і технологій при плануванні реконструкції, а сам ремонт розглядається як подія, пов'язана з хаотичним усуненням дрібних та значних пошкоджень. Насправді реконструкцію необхідно розглядати як комплекс заходів, який базується на науково обґрунтованих методах визначення умов виникнення пошкоджень, системному аналізі їхніх видів та причин розвитку, ефективних технологіях усунення їх з урахуванням останніх досягнень в галузі будівельного матеріалознавства.

При реконструкції ГТС часто існує потреба проведення бетонних робіт. Наразі актуальним є питання впровадження в практику реконструкції споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу бетонів нового покоління, які характеризуються високими експлуатаційними властивостями, міцністю, довговічністю, адсорбційною здатністю, низьким коефіцієнтом дифузії та стирання, надійними захисними властивостями стосовно до сталеві арматури, високою корозійною стійкістю. Такі високоякісні, високотехнологічні, високофункціональні бетони (High Performance Concrete, HPC) одержують шляхом модифікації цементних бетонів суперпластифікаторами, активними мінеральними добавками, високомолекулярними сполуками (полімерами), дисперсним (фібро-) армуванням. За допомогою хімічних та мінеральних модифікаторів можна одержати високорухливі, литі та самоущільнювальні бетони з низьким водовмістом, які вкрай необхідні для проведення робіт на спорудах, що віддалені від технологічних майданчиків і які знаходяться в зоні обмеженого доступу. При застосуванні таких бетонів стає можливим скорочення часу та затрат праці на ущільнення бетонної суміші, а також прискорений набір міцності бетону в ранні строки.

Отже, сучасний бетон перетворюється завдяки новим хімічним та мінеральним добавкам у все більш складний композиційний матеріал, властивості якого набагато перевищують властивості традиційного бетону. Нині термінологія бетонознавства доповнилася новими визначеннями, які відображають прогрес в науці про бетон (таблиця) [2].

### Сучасна термінологія в технології бетону

Термін	Абревіатура
Бетон високофункціональний (High Performance Concrete)	БВФ (HPC)
Бетон самоущільнювальний (Self Compacting Concrete)	БСУ (SCC)
Бетон реакційнопорошковий ( Reactive Powder Concrete)	БРП (RPC)

Можна прогнозувати, що найближчим часом у будівництві відбуватиметься поступове заміщення звичайних традиційних бетонів багатокомпонентними, в яких використовуються хімічні модифікатори структури, властивостей і технологічних характеристик бетону, в тому числі комплексні модифікатори, що інколи включають декілька десятків індивідуальних добавок. Водночас навряд чи знайдеться інша область будівництва, яка пред'являє настільки широкий перелік вимог до матеріалів і зокрема до бетону, ніж гідротехнічна: оптимальна міцність, висока морозостійкість, водостійкість, водонепроникність, корозійна стійкість, ударна міцність і кавітаційна стійкість. Завдання забезпечення необхідної експлуатаційної надійності та довговічності бетону при реконструкції залізобетонних гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу може бути успішно вирішене шляхом застосування сучасних модифікованих бетонів нового покоління. Особливо перспективним є застосування модифікованого дрібнозернистого бетону (цементно-піщаного розчину). Цей вид бетону за правильно підібраного складу характеризується високоякісною структурою і вирізняється високою технологічністю, що особливо важливо при проведенні ремонтних робіт.

В Інституті водних проблем і меліорації НААН (ІВПіМ НААН) проведені теоретичні та лабораторні дослідження з модифікації цементно-піщаних розчинів шляхом введення в бетонну суміш мікро- та ультрадисперсного активного наповнювача, полімерної і базальтової фібри, суперпластифікаторів останнього покоління на основі полікарбонатних ефірів, стирол-акрилатних дисперсій, силкоксанових гідрофобізаторів, повітрозатягувальних та протиморозних добавок, регуляторів набору міцності, добавок що розширюються. В результаті одержано новий композиційний матеріал – дрібнозернистий полімерцементний фібробетон з підвищеною міцністю, водонепроникністю, корозійною і тріщиностійкістю, морозостійкістю, низькою усадкою,

адезійною міцністю до бетону що відновлюється, з керованою реологією високорухливих бетонних сумішей [3]. Застосування такого бетону дасть змогу знизити матеріалоємкість робіт при ремонті ГТС, зменшити масу будівельних конструкцій без втрати їхньої несучої здатності та інших експлуатаційних властивостей.

**Мета і методи досліджень.** Метою роботи є визначення ефективності впливу різних модифікаторів на основні фізико-механічні й технологічні властивості цементно-піщаного розчину, модифікованого суперпластифікатором (СП), полімерним латексом (Л), поліпропіленовою та базальтовою фіброю (Ф).

У дослідженнях застосовували розчин із співвідношенням цемент: пісок (Ц:П) 1:3, портландцемент марки ПЦ 1-500, річковий пісок з модулем крупності 1, 2, полікарбосилатний суперпластифікатор SikaPlast-520, латекс SikaLatex, волокна армуючі поліпропіленові (ВАП-фібра) діаметром 18–20 мкм та довжиною 6 мм, базальтову фібру діаметром 18–20 мкм та довжиною 5 мм. Водоцементне відношення (В/Ц) в досліджуваних зразках було 0,3–0,5.

Аналіз результатів досліджень показує, що суперпластифікатор на основі полікарбосилатних ефірів вирізняється високим пластифікуючим ефектом : рухливість (Р) розчинів із його введенням до складу суміші в кількості 0,5–1,0% маси цементу значно зростає (рис.1).

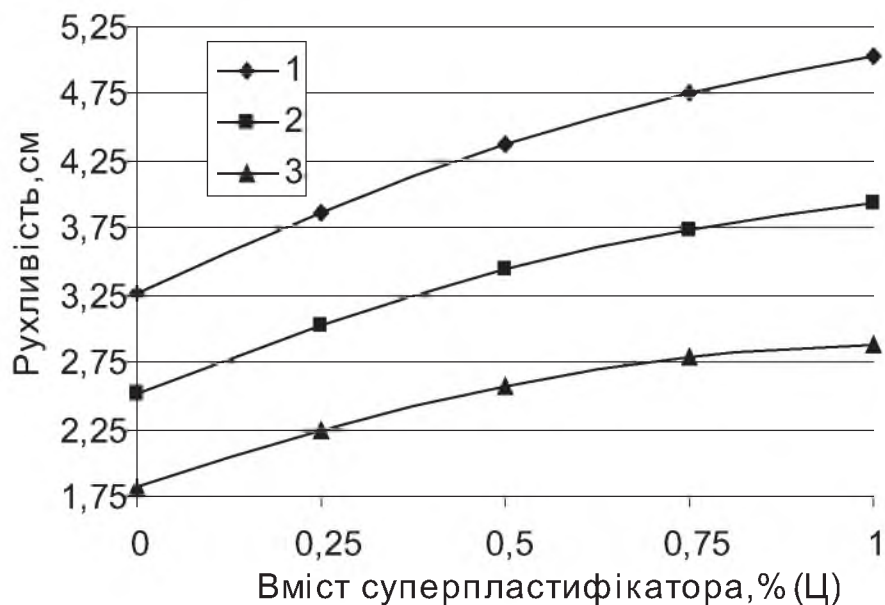


Рис. 1. Залежність рухливості цементно-піщаного розчину від вмісту суперпластифікатора при витраті латексу: 1–10%( Ц+П); 2–5% (Ц+П); 3–0% (Ц+П) (В/Ц=0,5, Ф=0,125% (Ц+П))

Високий пластифікуючий ефект досліджуваної добавки пояснюється механізмом її дії: після додавання в розчин основний полімерний ланцюг суперпластифікатора притягується до позитивно заряджених частинок цементу і насичує їх, тоді як бічні ланцюги викликають просторове відторгнення між частинками цементу. Завдяки цьому відторгненню досягається максимально рівномірний розподіл частинок цементу в об'ємі і повністю унеможливується злипання частинок у грудки [4].

Як видно із рис. 2, введення в розчин додатково латексу також приводить до збільшення його рухливості. При введенні латексу в композицію для одержання рівнорухливих розчинів необхідно знижувати В/Ц, причому витрати води зменшуються на величину більшу, ніж кількість води, яка вноситься в суміш разом з латексом, що вказує на пластифікуючу дію латексу. Це пояснюється тим, що в латексі містяться поверхнево-активні речовини (ПАР), які пластифікують цементне тісто. Пластифікуючий ефект латексу підтверджується також зміною нормальної густини цементного тіста: при введенні латексу в кількості 5–10% маси цементу цей показник знижується на 10–35%.

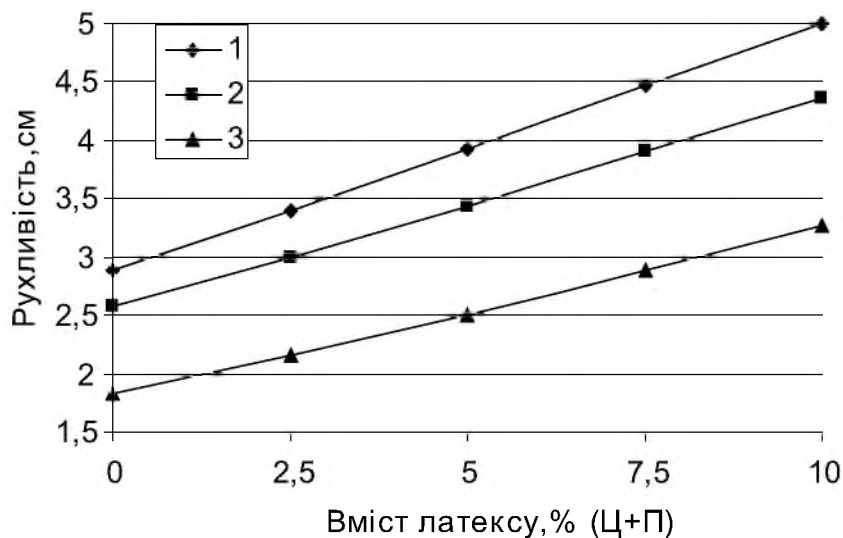


Рис. 2. Залежність рухливості цементно-піщаного розчину від вмісту латексу при витраті СП: 1–1,0%Ц; 2–0,5%Ц; 3–0%Ц (В/Ц=0,5;  $\Phi=0,25\%(Ц+П)$ )

Введення поліпропіленової фібри в розчин у кількості 0,05–0,15% маси цементу і піску при збереженні постійного В/Ц та постійного вмісту суперпластифікатора призводить до зниження його рухливості (рис. 3).

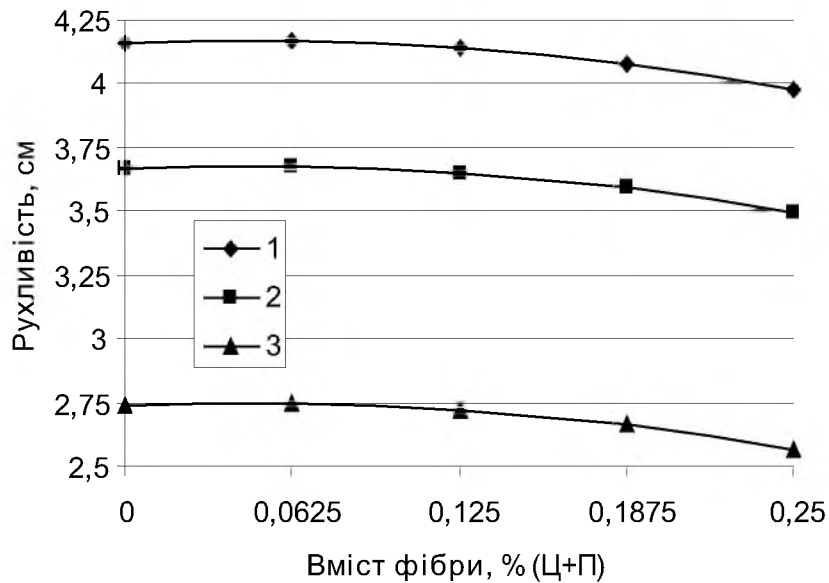


Рис. 3. Залежність рухливості розчину від вмісту поліпропіленової фібри при витраті СП: 1–1,0%Ц; 2–0,5%Ц; 3–0%Ц (В/Ц=0,5; Л=5% (Ц+П))

Для збереження необхідної рухливості необхідно збільшувати В/Ц на 8–10%. Таким чином, введення поліпропіленової фібри підвищує водопотребу цементно-піщаної суміші. Вплив базальтової фібри на рухливість розчинів ще більш значний (рис. 4).

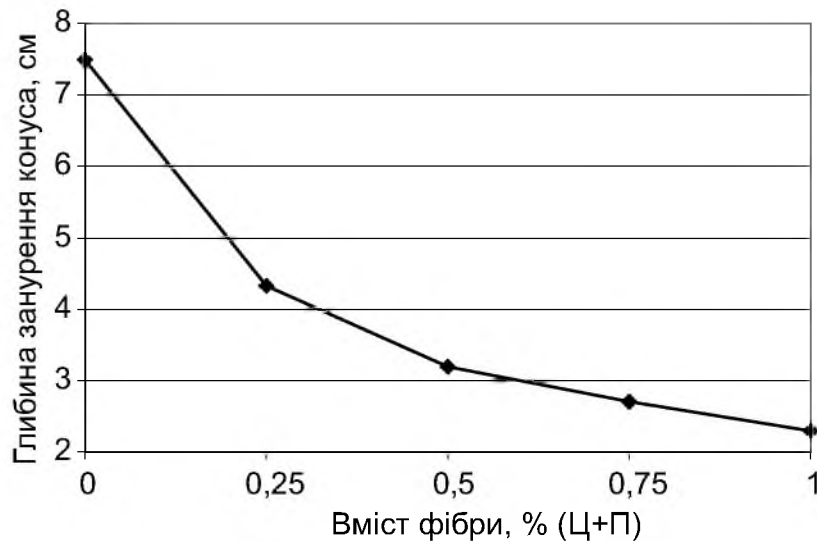


Рис. 4. Вплив базальтової фібри на рухливість цементно-піщаного розчину Ц:П=1:3; В/Ц=0,45; СП=0,8%(Ц)

Як видно із рис. 4, введення базальтової фібри в кількості до 1,25% маси цементу і піску знижує рухливість суміші у 3,5 раза. Для збереження рухливості суміші із введенням базальтової фібри необ-

хідно підвищувати В/Ц. Залежність рухливості цементно-піщаних розчинів, модифікованих базальтовою фіброю, від В/Ц наведено на рис. 5.

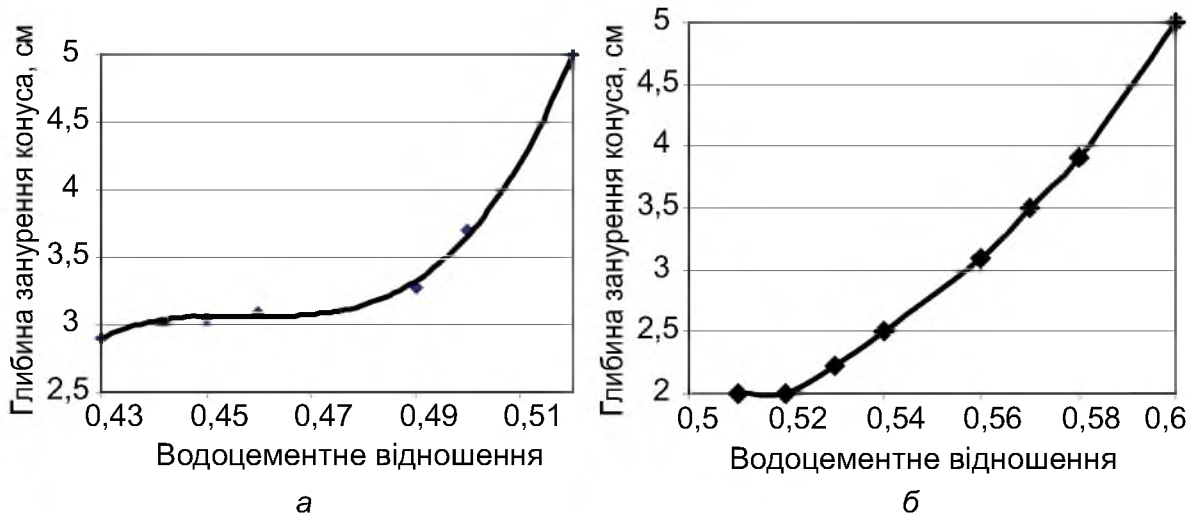


Рис. 5. Залежність рухливості цементно-піщаних розчинів від водоцементного відношення: *а* – вміст фібри 0,5%(Ц+П); *б* – вміст фібри 1%(Ц+П)

Збільшення В/Ц до величини 10–15% початкового мало впливає на рухливість базальто-цементно-піщаного розчину, а з подальшим підвищенням В/Ц рухливість розчину пропорційно зростає. Це пояснюється тим, що базальтова фібра потребує певного водонасичення. Вона збільшує водопотребу цементно-піщаних сумішей за однакової рухливості: В/Ц пропорційно зростає з підвищенням вмісту фібри (рис. 6).

Відомо, що збільшення В/Ц приводить до зменшення міцності бетону (закон Абрамса), тому проводили дослідження зміцнювального ефекту фібри як за постійного В/Ц, так і для розчинів з різним В/Ц, яке назначали з умови рівної рухливості розчинів. Результати досліджень наведено на рис. 7.

Введення в розчин базальтової фібри за постійного В/Ц в кількості до 0,25% маси цементу і піску зумовлює збільшення міцності зразків на згин на 10%, а за подальшого підвищення вмісту фібри зміцнювальний ефект зменшується і за вмісту фібри понад 1% міцність зразків нижча контрольних. Одержані дані пояснюються тим, що зі збільшенням вмісту фібри в розчині при постійному В/Ц однорідність та рухливість сумішей знижуються, що негативно впливає на міцнісні показники бетону.

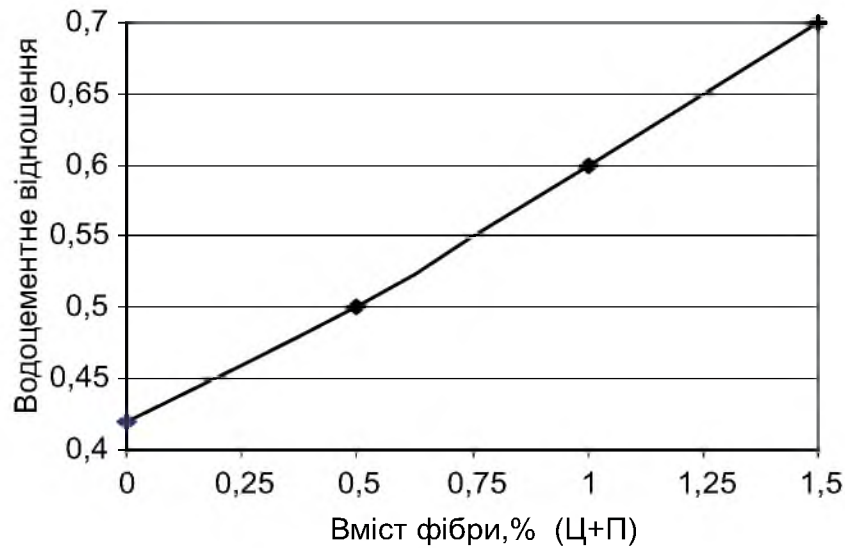


Рис. 6. Залежність В/Ц рівнорухливих цементно-піщаних розчинів від вмісту базальтової фібри ( $P=4,6$  см; Ц:П=1:3)

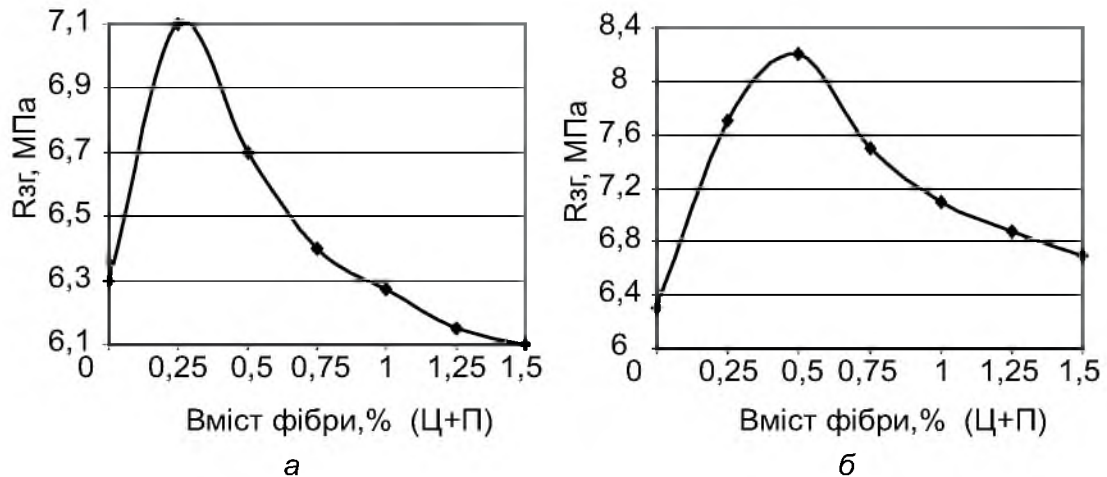


Рис. 7. Залежність міцності на згин цементно-піщаних розчинів від вмісту базальтової фібри: *а* – при В/Ц = 0,46; *б* – для рівнорухливих розчинів ( $P = 4-4,5$  см)

За порівняння міцності на згин зразків, виготовлених із сумішей однакової консистенції (рис. 8, б), слід відзначити, що зростання вмісту фібри приводить до підвищення міцності бетону навіть за умови збільшення В/Ц. Причому міцність на згин неухильно зростає при збільшенні В/Ц і вмісту фібри до 0,5% маси цементу і піску завдяки зростанню однорідності бетону; за подальшого збільшення фібри міцність зразків знижується, однак залишається більшою, ніж міцність контрольних зразків. При вмісті фібри 0,5% маси цементу і піску підвищення міцності на згин становить 25,3%.

Позитивний вплив на міцність чинить також ВАП-фібра (рис. 8).



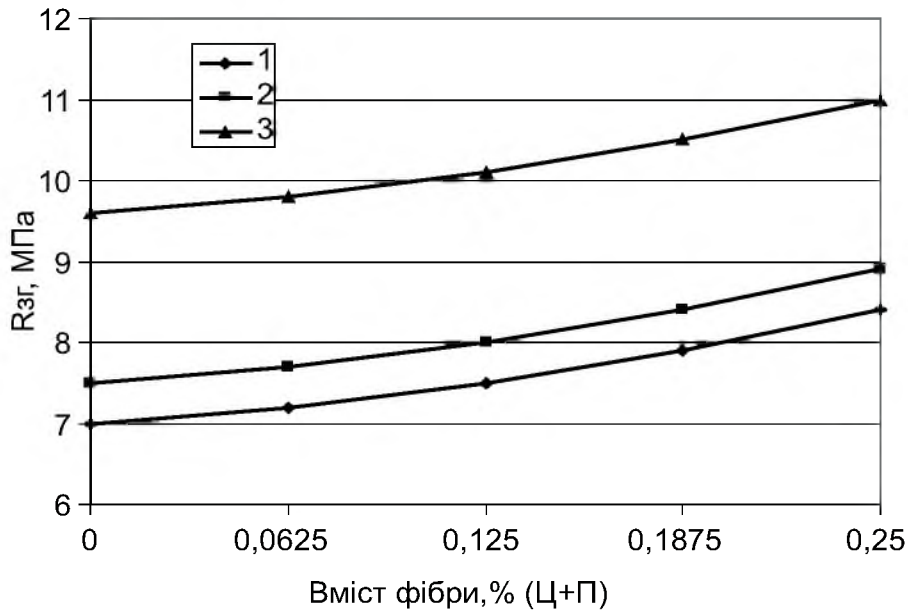


Рис. 8. Залежність міцності на згин рівнорухливих розчинів від вмісту поліпропіленової фібри при витраті латексу: 1–0%(Ц+П); 2–5% (Ц+П); 3–10% (Ц+П) (В/Ц=0,5; СП=0,5Ц%)

Введення поліпропіленової фібри в цементно-піщаний розчин у кількості до 0,15–0,25% збільшує міцність на згин композиту на 8,5–10,0%.

Ефективним способом підвищення міцнісних характеристик цементно-піщаного розчину є застосування як модифікуючої добавки емульсії SikaLatex в кількості 5–10% маси цементу і піску (рис. 9).

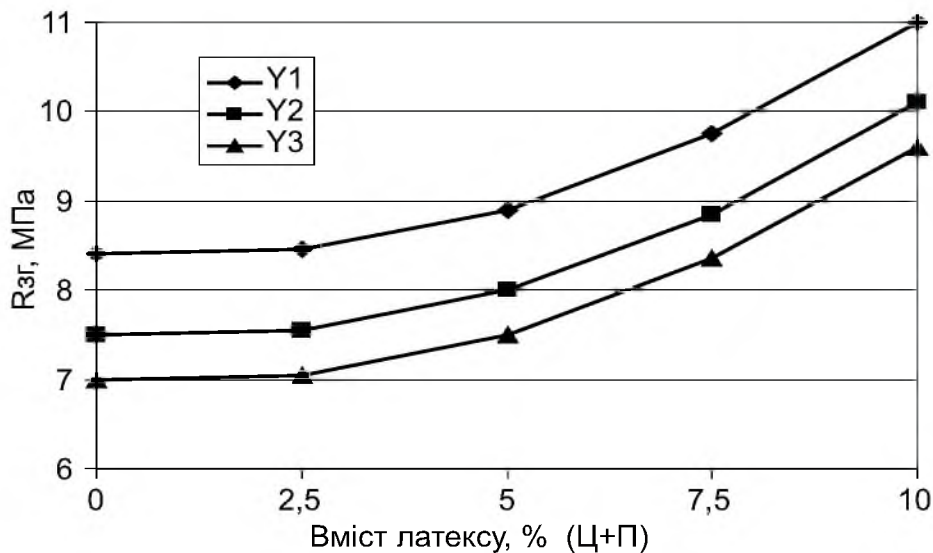


Рис. 9. Залежність міцності розчину на згин від вмісту латексу при витраті фібри: 1 – 0,25%(Ц+П); 2 – 0,125%(Ц+П); 3 – 0%(Ц+П) (В/Ц=0,5; СП=0,5%Ц)

Міцність на згин зразків, виготовлених із рівнорухливих сумішей, при введенні латексної добавки збільшується на 22–26%.

**Висновок.** Застосування модифікуючих добавок SikaPlast-520 (полікарбосилатного суперпластифікатора), SikaLatex (стирол-акрилатного латексу), поліпропіленової та базальтової фібри є ефективним способом підвищення технологічних властивостей та міцнісних характеристик цементно-піщаних розчинів, що відкриває перспективу їхнього ефективного застосування при ремонті та реконструкції ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу.

1. Коваленко О.В. Технічний стан залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд меліоративних систем та методи його діагностики / О.В. Коваленко, Ю.А. Вітковський, К.О. Диль // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2009. – № 34. – С. 21–25.

2. Файнер М.Ш. Новые закономерности в бетоневедении / Файнер М.Ш. – К.: Наук. думка, 2001. – 130 с.

3. Коваленко О.В. Полімерцементний фібробетон – новий композиційний матеріал для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд / Коваленко О.В. // Меліорація і водне господарство. – 2011. – Вип. 99. – С. 311–322.

4. Саницький М.А. 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. – 2008. – № 29. – С. 98–102.

*Приведены результаты исследований технологических и физико-механических свойств цементно-песчаного раствора, модифицированного поликарбосилатным суперпластификатором, стирол-акрилатным латексом, базальтовой и полипропиленовой фиброй, как материала для ремонта и реконструкции железобетонных гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса.*

*The results of technological and physical-mechanical properties modified cement-sand solution a material for repairs and reconstruction of reinforced concrete hydraulic structures of water reclamation complex are presented in the article.*