

УДК 691.175:699.8

ІН'ЄКЦІЙНА ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ – ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД УСУНЕННЯ АКТИВНИХ ПРОТІКАНЬ ВОДИ ЧЕРЕЗ БЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

О.В. КОВАЛЕНКО, В.Д. КРУЧЕНЮК

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Розглянуто технологію усунення активних протікань води методом поліуретанової ін'єкційної гідроізоляції, яку використано при проведенні ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах меліоративних систем.

Ключові слова : гідротехнічні споруди, ін'єкційна гідроізоляція, полімерні композиції, водонепроникність, поліуретани

Актуальність проблеми. Аналіз сучасного технічного стану гідротехнічних споруд (ГТС) меліоративних систем показує, що на більшості з них існує проблема протікань води, які найчастіше бувають на стиках, у місцях примикань, кутових сполучень та деформаційних швів збірних залізобетонних елементів, а також на розущільнених ділянках монолітних залізобетонних споруд (рис.1).

У процесі проведення досліджень із розробки технологій та матеріалів для ремонтно-відновлювальних робіт було обстежено водогосподарські об'єкти, розташовані в Київській, Одеській, Хер-

© О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк, 2013

Меліорація і водне господарство. 2013. Вип.100

сонській, Черкаській областях та АР Крим. Натурні обстеження залізобетонних ГТС дали змогу встановити характерні пошкодження залізобетонних конструкцій та розробити технологію виконання ремонтних робіт для їхнього усунення.



Рис. 1. Місця активних протікань на гідротехнічних спорудах

Результати обстеження ГТС меліоративних систем показують, що значна частина їх потребує негайного проведення ремонтно-відновлювальних робіт. Особливо актуальним є питання оперативного усунення локальних структурних пошкоджень у монолітних та збірних конструкціях: тріщин різної ширини розкриття, розущільнених зон, ділянок з підвищеною пористістю, дефектів у макро- та мікроструктурі бетону, порушень герметизації стикових з'єднань між елементами конструкцій. Найбільш поширеним дефектом на ГТС меліоративних систем є активні протікання води через бетонні конструкції.

Дія води, яка фільтрує через бетонні споруди, призводить до виникнення корозії бетону I виду (за В.М. Москвіним) та арматури, а також до розвитку деструктивних процесів, які значно знижують експлуатаційну надійність і довговічність ГТС. У зв'язку з цим розробка ефективних технологій усунення активних протікань води через залізобетонні конструкції ГТС та відновлення фізико-механічних властивостей бетону, що фільтрує, є актуальним завданням.

Мета досліджень – розробка і впровадження ефективних технологій ремонтно-відновлювальних робіт, спрямованих на підвищення експлуатаційної надійності та довговічності залізобетонних споруд меліоративних систем.

Результати досліджень. В Інституті водних проблем і меліорації НААН (ІВПіМ НААН) проведено дослідження, спрямовані на розробку технологій усунення активних протікань води на ГТС меліоративних систем з використанням полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів.

Найбільш прийнятним для відновлення монолітності та щільності бетону гідротехнічних споруд, а також для усунення місць активної фільтрації води є метод ін'єктування [1,2]. Застосування цієї технології за незначних витрат матеріалів дає змогу виконувати надійний захист бетонних та залізобетонних споруд з мінімальними обсягами загальнобудівельних робіт.

Дослідженнями встановлено, що основні переваги застосування технологій ремонту методом ін'єктування такі:

- посилення несучої спроможності залізобетонних елементів, заповнення пустот за стінами споруд;
- ущільнення зон фільтрації, склеювання тріщин бетонних споруд шляхом заповнення їх полімерними матеріалами;
- відновлення водонепроникності та гідроізоляційної спроможності бетонних конструкцій;
- виконання робіт без зупинки технологічного обладнання та його демонтажу;
- виконання локальних ремонтно-відновлювальних робіт без залучення значних обсягів матеріальних та трудових ресурсів.

Для ін'єкційної гідроізоляції застосовують мікроцементи, епоксидні композиції, акрилатні гелі та поліуретани.

Мікроцементи проникають у порожнини та тріщини, утворюють непроникний для води бар'єр унаслідок процесів кристалізації, однак порівняно з полімерними ін'єкційними композиціями вони мають невелику глибину проникнення в бетон.

Епоксидні матеріали характеризуються високою проникною здатністю та адгезією до бетону, але їхнє застосування потребує видалення вологи із ремонтної зони, адже наявність води знижує адгезійні та експлуатаційні характеристики епоксидних ремонтних композицій.

Акрилатні гелі проникають у найдрібніші порожнини й утворюють водонепроникну гумоподібну речовину. Проте для ін'єктування армованих бетонних конструкцій їхнє використання обмежене через корозійну дію на металеву арматуру.

Однією із найбільш ефективних технологій є ін'єкційна поліуретанова гідроізоляція. Завдяки своїм унікальним властивостям поліуретани одержали найбільш широке застосування серед полімерних матеріалів.

Ефективне застосування поліуретанів зумовлене сполученням, з одного боку, високих фізико-механічних, герметизуючих та гідроізоляційних властивостей, з іншого – різноманітних технологічних діапазонів створення гідроізоляційного захисту.

Безперечною перевагою поліуретанових матеріалів є те, що вони гідрореактивні та не потребують видалення вологи із зони пошкоджень, а навпаки, використовують її для полімеризації.

При контакті з водою однокомпонентні поліуретани вступають у хімічну реакцію з виділенням вуглекислого газу, що приводить до утворення піни і збільшення об'єму матеріалу (від 3 до 25 разів) та підвищення його внутрішнього тиску (до 30 бар). Піна, яка розповсюджується по конструкції, витісняє із порожнин воду й утворює всередині них водонепроникний поліуретановий заповнювач.

Поліуретановий заповнювач може бути як жорстким, так і еластичним залежно від виду матеріалу, який застосовується. Час тужавіння матеріалу залежить від кількості каталізатора і температури й може регулюватися в інтервалі 1–17 хв. Регулювання швидкості полімеризації особливо необхідне при низьких температурах, найшвидшого усунення активних протікань і т.д., а також під час перебування об'єкта, що ремонтується, під постійним гідростатичним тиском. Розроблено композиції спеціально для герметизації рухомих температурних швів. Вони не змінюють своїх розмірів у часі та не висихають.

Двокомпонентні поліуретанові композиції, як правило, складаються з компонента А – різного виду поліолів та компонента Б – поліізоціанатів різної хімічної природи. Як правило, це смоли різної в'язкості та різної хімічної активності, але всі вони активно взаємодіють з водою, утворюючи жорстко-еластичну піну, яка блокує воду.

Застосування рідких водореакційних піноутворювальних поліуретанів особливо ефективно для зупинки активних, в тому числі фонтануючих протікань.

Поліуретани з низькою в'язкістю і густиною створюють гідроізоляційний бар'єр всередині конструкції. Поліуретан, який нагнітають під тиском, проникає в капіляри, пори та порожнини конструк-

ції. В результаті реакції полімеризації в цих дефектах відбувається утворення жорстко-еластичної каучукоподібної піномембрани, яка створює надійний і довговічний бар'єр. Ці композиції застосовують також і для вторинної ін'єкції, після зупинки протікання пінополіуретаном. У цьому разі матеріал обволікає стінки піни і збільшує їхню товщину, еластичність та довговічність.

Головною перевагою двокомпонентних поліуретанів є наявність двоступеневого механізму дії. На першому етапі ін'єктування, при контакті з водою, смола спінюється, витісняючи воду із зони ремонту. На другому етапі смола за відсутності води твердіє, перетворюючись на щільний, непористий і дуже міцний водонепроникний матеріал.

Іншою перевагою двокомпонентних ін'єкційних матеріалів є регульований термін тужавіння, який залежно від технологічної необхідності можна регулювати в діапазоні від кількох секунд до декількох годин. Це дає можливість створювати ін'єкційні композиції різного призначення: швидкорреагуючі для тампонування й укріплення водоносних зон та ін'єктування тріщин різної ширини розкриття; миттєво твердіючі для тампонування напірних протікань та ізоляції з метою захисту від сильних потоків води, які перебувають під високим тиском.

В ІВПіМ НААН проведено порівняльні дослідження фізико-механічних властивостей поліуретанів, які поставляються на вітчизняний ринок будівельних ін'єкційних матеріалів.

У процесі досліджень було встановлено:

- особливості механізму протікання процесів створення гідроізоляційного бар'єру;
- вплив технологічних параметрів ін'єктування – в'язкості ін'єкційної композиції, тиску нагнітання на властивості проін'єктованого бетону.

Для дослідження впливу параметрів ін'єктування на фізико-механічні властивості ін'єктованого бетону застосовували контрольні зразки-балочки, міцність при стиску (R_{ct}) яких коливалась у межах 10–20 МПа, водонепроникність не досягала марки W2, міцність при згині (R_{zt}) не перевищувала 2–3 МПа, об'єм відкритих пор – 14–28%. Досліджували фізико-механічні властивості проін'єктованого бетону залежно від пористості бетону (P_0), тиску нагнітання (P) та в'язкості (η) ін'єкційної композиції. Результати досліджень наведено в таблиці.

Аналіз досліджень показує, що внаслідок ін'єктування міцність при стиску, міцність при згині та водонепроникність як сухих, так і водонасичених зразків збільшується в декілька разів. Таким чином, ін'єктування поліуретановими композиціями є ефективним методом підвищення фізико-механічних властивостей та водонепроникності розущільненого бетону.

Результати дослідження фізико-механічних властивостей зразків, проін'єктованих поліуретановою композицією

Пористість зразків 28%					Пористість зразків 14%				
параметри ін'єктування		властивості зразків			параметри ін'єктування		властивості зразків		
η, с	P, МПа	R _{зг.} , МПа	R _{ст.} , МПа	W	η, с	P, МПа	R _{зг.} , МПа	R _{ст.} , МПа	W
22	1,0	9,5/7,5	59,5/48,9	5	22	1,0	7,5/6,5	35,5/26,5	6
22	2,5	9,5/7,5	60,0/49,0	7	22	2,5	7,5/6,0	36,0/28,0	7
22	4,0	9,5/8,7	60,5/49,0	7	22	4,0	7,5/6,5	36,0/28,0	7
22	5,5	10,0/8,5	61,0/51,0	6	22	5,5	8,0/7,0	37,0/28,5	8
22	7,0	10,0/8,5	61,3/52,0	9	22	7,0	8,0/7,0	37,5/29,5	8
22	8,5	11,0/9,0	62,0/51,5	10	22	8,5	8,5/7,5	38,0/35,0	11
22	10,0	11,5/9,5	63,0/53,5	13	22	10,0	9,0/8,0	41,5/35,0	11
50	1,0	8,0/7,0	50,0/47,0	4	50	1,0	7,5/6,5	32,0/25,5	3
50	5,5	8,5/7,5	60,5/48,0	5	50	5,5	8,0/7,0	35,0/26,0	4
50	10,0	10,0/8,5	60,0/49,0	7	50	10,0	8,5/7,5	37,5/28,0	6

Примітка. Перед рискою наведено значення для сухих зразків; за рискою – для водонасичених зразків.

Для відпрацювання технології усунення активних протікань води методом ін'єктування з використанням поліуретанових композицій було обрано Кочурську насосну станцію, що належить до Шпитківської міжгосподарської зрошувальної системи і перебуває на балансі Ірпінського міжрайонного управління водного господарства Державного агентства водних ресурсів України.

Унаслідок багаторічної (близько 40 років) експлуатації Кочурської насосної станції спостерігається часткове руйнування залізо-бетонних елементів споруди, виникають протікання, тріщини, розущільнення бетону. Крім цього виявлено зони активної фільтрації

грунтових вод у докову частину будівлі насосної станції в місцях стикових з'єднань стіна–труба. В місцях сполучення стіна–стіна на висоті 3 м з боку водозабірної споруди спостерігається просочування води (рис. 2). Вздовж цього сполучення розташовані силові висковольтні кабелі, тому потрапляння води на них створює аварійну ситуацію для роботи енергосилового обладнання та небезпеку для обслуговуючого персоналу.

З метою припинення фільтрації ґрунтових вод у будівлю насосної станції в місцях стикових з'єднань стіна–труба і стіна–стіна було застосовано технологію відновлення герметичності бетонних споруд способом ін'єктування поліуретановими смолами з використанням бурових пакерів.

Для виконання робіт відібрано двокомпонентну поліуретанову смолу Carbo Pur WF виробництва MINOVA Carbotech GmbH, Німеччина. Carbo Pur WF (модифікований поліізоціанат на основі 4,4'–дифенілметандіізоціанату) – двокомпонентна смола, яка використовується для тампонажу напірних течій; укріплення водоносних зон; усунення тріщин ($\geq 0,25$ мм); гідроізоляції підземних і наземних споруд.

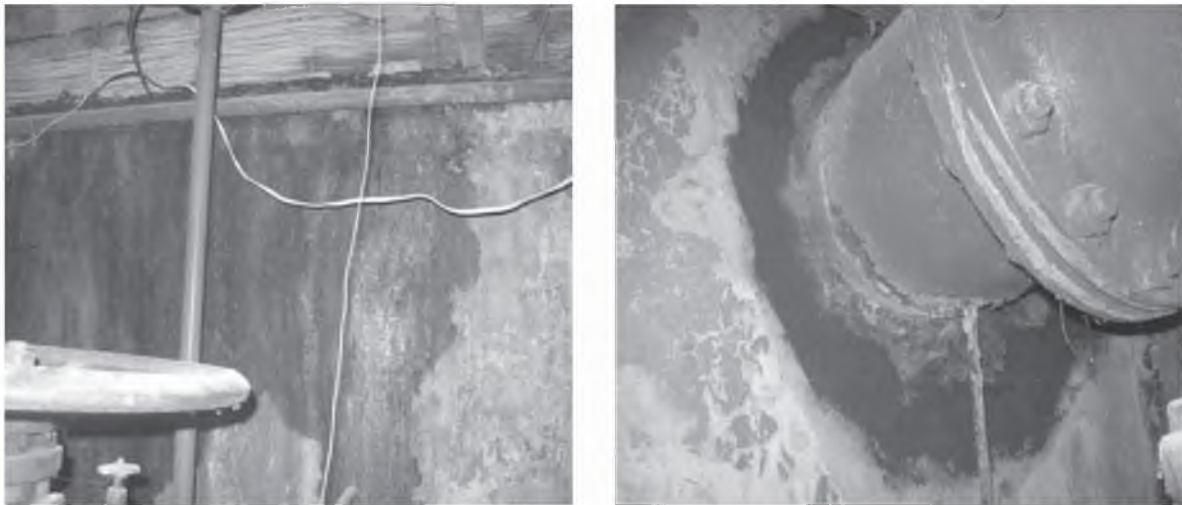


Рис. 2. Зони активної фільтрації води на Кочурській насосній станції

Технічні характеристики поліуретанової смоли Carbo Pur WF при 25°C:

- густина : компонент А – 1025 ± 30 кг/м³; компонент Б – 1230 ± 30 кг/м³;
- в'язкість: компонент А – 200 ± 50 мПа·с; компонент Б – 200 ± 50 мПа·с;

- початок спінювання при вмісті 1% води – 1 хв 10 с;
- кінець спінювання при вмісті 1% води – 1 хв 40 с.

Обидва компонента Carbo Pur WF в об'ємному співвідношенні 1:1 ін'єктували одночасно за допомогою спеціального насоса.

Технологія складається з таких операцій:

- буріння отворів під пакери;
- очищення отворів від бурового пилу;
- встановлення пакерів в отвори;
- нагнітання поліуретанової смоли.

Отвори під пакери пробурювали під кутом 45°; відстань між буровими пакерами приймали у два рази меншу за товщину стінки бетонної споруди, що ремонтується.

Ін'єктування поліуретанової смоли починали із найнижчої точки і продовжували до тих пір, поки у сусідньому пакері не з'являлась смола, тоді цей пакер зачиняли та починали ін'єктування через сусідній пакер і так по всій довжині ремонтної ділянки.

При цьому зони дії пакерів перекриваються (рис. 3). На рис. 4 показано ділянку стіни насосної станції з пакерами для проведення ін'єктування.

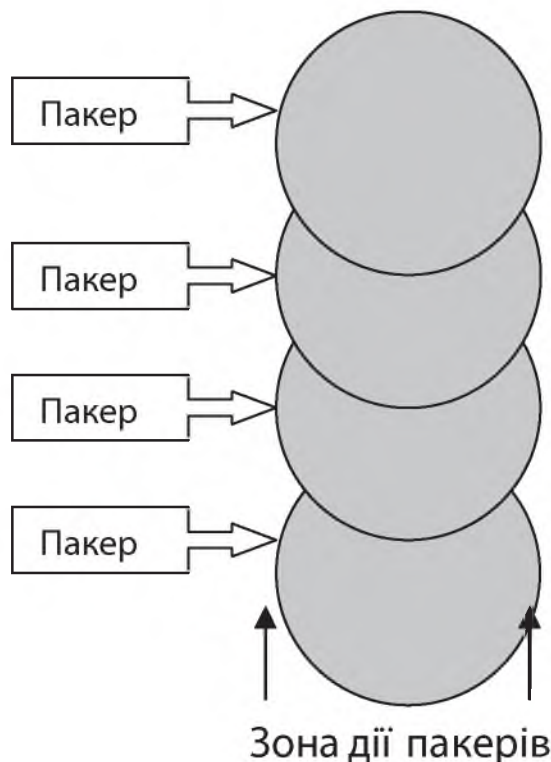


Рис. 3. Схема взаємного перекриття зон дії пакерів

У результаті проведення ін'єкційно-гідроізоляційних робіт було ліквідовано осередки активної фільтрації води та одержано водонепроникний шар бетону, ущільнений спіненим поліуретаном (рис. 5).



Рис. 4. Ділянка стіни насосної станції, підготовленої до ін'єктування

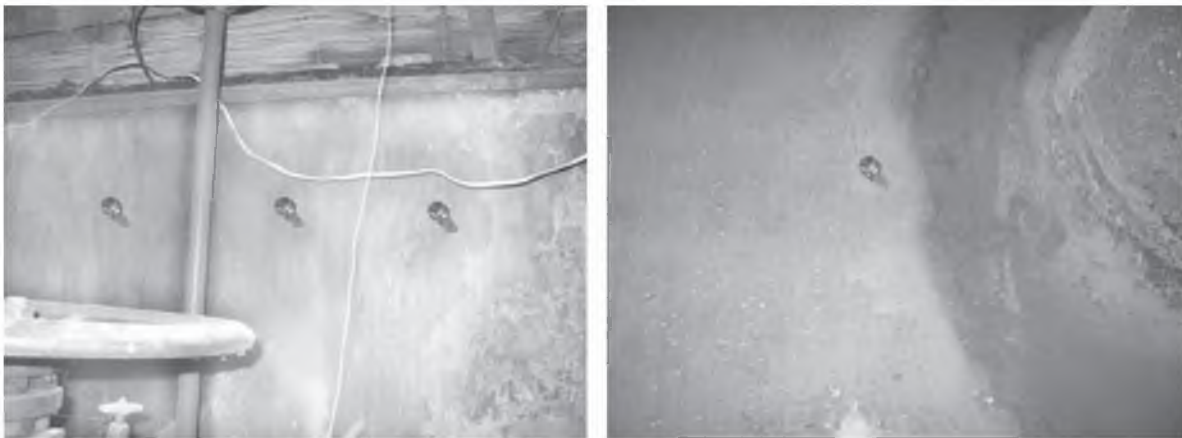


Рис. 5. Відремонтовані ділянки насосної станції

Висновок. Аналіз результатів лабораторних та натурних досліджень показав, що ін'єкційна гідроізоляція поліуретановими композиціями є ефективним способом усунення активних протікань води через залізобетонні конструкції ГТС та відновлення фізико-механічних властивостей гідротехнічного бетону.

1. *Коваленко О.В.* Розвиток наукових основ та практичних засад ведення ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах

водогосподарсько-меліоративних систем / Коваленко О.В. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2011. – № 42. – С. 18–26.

2. Дехтяр О.О. Сучасні технології підвищення експлуатаційної надійності водогосподарських споруд / О.О. Дехтяр, П.Є. Литвиненко, О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна // Меліорація і водне господарство. – 2011. – Вин. 99. – С. 322–332.

Рассмотрена технология устранения мест активных протечек воды методом инъектирования с помощью полиуретановых смол, использованная при проведении ремонтно-восстановительных работ на гидротехнических сооружениях мелиоративных систем.

In this paper presents the technology of removing seats active leakage by in'yektuvannya using polyurethane resin, which is used during repair work on hydraulic structures water and reclamation complex.