

УДК 691.175:699.8

ТЕХНОЛОГІЧНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ПРИ ЇХ РЕМОНТІ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

О.В. КОВАЛЕНКО

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Наведено результати обстеження технічного стану гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу та обґрунтовано основні технологічні напрями підвищення їхньої експлуатаційної надійності та довговічності при ремонті та реконструкції.

Ключові слова: гідротехнічні споруди, технічний стан, залізобетонні конструкції, ремонтно-відновлювальні роботи, реконструкція, експлуатаційна надійність, довговічність

Актуальність проблеми. Результати натурних досліджень показують, що після довготривалої експлуатації значна частина гідротехнічних споруд (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу України перебуває в обмежено працездатному стані, а деякі повністю вичерпали свій експлуатаційний ресурс. Це призводить до зниження експлуатаційної надійності та довговічності споруд, нерационального використання води та погіршення екологічного стану прилеглих територій.

Одним із вирішень цієї проблеми є будівництво нових ГТС, однак це пов'язано з великими капітальними витратами, що неможливо здійснити через економічну скруту. Отже, відновлення експлуатаційної

© О.В. Коваленко, 2014

здатності ГТС та забезпечення їх безаварійної роботи протягом нормативного терміну експлуатації є надзвичайно актуальним завданням. Сприяє вирішенню проблеми розробка та впровадження нових технологій ремонту та реконструкції ГТС на основі сучасних композиційних матеріалів.

Ефективність реконструкції в значній мірі залежить від науково обґрунтованого оцінювання експлуатаційно-технічного стану споруди в цілому і окремих її елементів зокрема. При цьому слід враховувати умови експлуатації споруди, фактори, які на неї діють, причини, що призвели до тих чи інших деструктивних процесів. При розробці проекту реконструкції проектна організація повинна мати чіткі рекомендації із запобігання таким причинам та рекомендації із застосування сучасних технологій та матеріалів при проведенні запланованої реконструкції.

Результати досліджень. В ІВПіМ НААН обґрунтовано основні напрями підвищення експлуатаційної надійності та довговічності залізобетонних гідротехнічних споруд, що передбачають застосування нових технічних рішень, сучасних методів та технологій, які необхідно застосовувати при ремонті та реконструкції водогосподарсько-меліоративних ГТС. Із них можна виділити два основних напрями: методи первинного та вторинного захисту.

Первинний захист торкається технології **монолітного бетонування** при реконструкції споруд із застосуванням модифікованих бетонів нового покоління з підвищеними технологічними та фізико-механічними властивостями. Така технологія передбачає застосування високо-рухливих литих бетонних сумішей.

Технологія монолітного бетонування із застосуванням модифікованих бетонних сумішей передбачає регулювання технологічних та експлуатаційних властивостей бетону з метою підвищення його міцнісних характеристик, водонепроникності, морозостійкості та корозійної стійкості. Сучасна реконструкція ГТС неможлива без застосування бетонів нового покоління, які завдяки застосуванню модифікуючих хімічних та мінеральних добавок, добавок полімерів та армуючих волокон перетворюються на складний композиційний матеріал з комплексом нових властивостей [1]. Зважаючи на властивості тих чи інших добавок, можна виготовити бетон за власною рецептурою безпосередньо на об'єкті.

Провідна роль у модифікації монолітного бетону належить розріджувачам бетонних сумішей – суперпластифікаторам, а також

комплексним добавкам на їх основі [2–3]. Результати проведених в ІВПіМ НААН досліджень показують, що добавки, які містять суперпластифікатор, полімерний латекс та полімерну фібру, дозволяють значно підвищити тріщиностійкість монолітного бетону, його адгезійні та фізико-механічні властивості при збереженні високої рухливості бетонної суміші.

При цьому слід враховувати як позитивну, так і негативну дію кожної добавки. Наприклад, при застосуванні суперпластифікаторів (особливо при підвищених дозуваннях) значно підвищується рухливість бетонних сумішей, однак при цьому може спостерігатися підвищене повітровтягування, що призводить до збільшення пористості бетону і, як наслідок, до зниження його міцнісних характеристик. Останнє може спостерігатися також при введенні в бетонну суміш спеціальних повітровтягувальних добавок, які застосовують для збільшення морозостійкості та водонепроникності бетону. Крім того, у випадку передозування таких добавок можна одержати неоднорідну структуру бетону із збільшеним вмістом відкритих пор, що, в свою чергу, призведе до різкого збільшення водопроникності бетону.

Вторинний, додатковий захист споруд застосовується тоді, коли «резерв стійкості» бетону недостатній для забезпечення термінів експлуатації із заданою надійністю. Для вторинного захисту виконують спеціальні ремонтно-відновлювальні роботи та роботи з гідроізоляційного та антикорозійного захисту, до яких відносяться: усунення активних і пасивних тріщин, відновлення герметичності стиків та швів, підсилення і ущільнення поверхневого захисного шару бетону, конструкційний ремонт з усунення об'ємних руйнувань (раковин, сколів, розущільнених зон), улаштування гідроізоляційних та антикорозійних покриттів, підсилення залізобетонних конструкцій армованими пластиками. До вторинного захисту відносяться технології **поверхневого просочування, ін'єктування, полімерцементної гідроізоляції, конструкційного ремонту, торкретування, герметизації, тампонажу.**

Технологію **поверхневого просочування** застосовують тоді, коли потрібно підвищити міцність захисного шару бетону, його щільність, морозостійкість та водонепроникність.

Для укріплення бетону методом поверхневого просочування застосовують одно- або багатокomпонентні рідкі склади, які проникають

в пори бетону, заповнюють їх, утворюючи в поверхневому шарі міцний полімерно-мінеральний каркас, який є основою для подальшого нанесення гідроізоляційного покриття.

За своєю природою просочувально-укріплюючі матеріали діляться на полімерні емульсії, водні розчини кремнієвих сполук, низьков'язкі полімерні смоли та неорганічні просочувальні композиції.

Просочувальні композиції на основі полімерних смол (епоксидних, акрилових, поліуретанових) після просочування та полімеризації в порах бетону утворюють водонепроникний поверхневий бетонополімерний шар, який має підвищені міцнісні показники, морозостійкість та корозійну стійкість.

Просочувальні неорганічні композиції діють за принципом проникаючої гідроізоляції: компоненти просочувального матеріалу вступають у хімічну реакцію з продуктами гідратації портландцементного клінкеру, утворюючи неорганічні сполуки, близькі по природі до просочуваного бетону.

У результаті просочення такі матеріали стають складовою частиною бетону, щільність та міцність якого в результаті просочувальної проникаючої гідроізоляції збільшується.

Застосування просочувальних композицій потребує спеціальної підготовки бетону. З метою відкриття капілярів та пор його поверхня має бути ретельно очищена гідроструйним способом, аби звільнити її від цементного молока, раніше нанесеного покриття, жирних плям і т.п.

Способи укріплення та захисту будівельних конструкцій методом **ін'єктування** застосовують у випадку необхідності усунення пошкоджень у вигляді розущільнених зон, порожнин, пасивних тріщин різної ширини розкриття, порушень стикових сполучень та швів конструкцій [4, 5]. Застосування в технології ін'єктування гідроактивних піноутворюючих поліуретанів особливо перспективне при усуненні активних протікань води, у тому числі фонтануючих, які найчастіше локалізуються в зоні стиків, у місцях примикань, кутових сполученнях, деформаційних швах, розущільнених ділянках залізобетонних конструкцій.

Поліуретани з низькою в'язкістю застосовують для створення гідроізоляційного бар'єра всередині конструкції. Поліуретан, який нагнітають під тиском, проникає в капіляри, пори та порожнини конструкції. У результаті реакції полімеризації в цих дефектах утворюється жорстко-

еластична каучукоподібна мембрана, яка створює надійний і довговічний бар'єр. Ці склади застосовують також і для вторинної ін'єкції, після зупинки протікання пінополіуретаном. У цьому випадку, матеріал обволікає стінки піни і збільшує їх товщину, еластичність та довговічність.

Підбираючи ефективний ін'єкційний склад, технічні пристосування та обладнання можна вирішити більшість проблем бетонних споруд, при цьому не виводячи їх з експлуатації. Витрати часу на усунення певних дефектів можуть бути на порядок менші в порівнянні із застосуванням традиційних технологій. Основу обладнання для ін'єктування складають спеціальні насоси, які дозволяють проводити нагнітання в зону дефекту ін'єкційних композицій.

Крім локальних структурних пошкоджень, все більших масштабів набувають пошкодження, пов'язані із значним руйнуванням цементного каменю, втратою геометричної форми конструкцій та зниженням їх несучої здатності. Наявність таких руйнувань потребує технологій **конструкційного ремонту**. Нами запропоновані способи укріплення і захисту будівельних конструкцій, які базуються на технологіях конструкційного ремонту, що передбачають застосування полімерцементних композиційних матеріалів та полімерних композицій в комплексі з вуглепластиковими композитами [6, 7]. Ці способи дозволяють відновити експлуатаційні властивості конструкцій, значно підвищити їх несучу здатність, у декілька разів збільшити міжремонтний період.

Технологію конструкційного ремонту застосовують на залізобетонних конструкціях гідротехнічних споруд, які в процесі експлуатації зазнали руйнування захисного шару або механічних пошкоджень у вигляді каверн, раковин, сколів, можливо із оголенням арматури, або пасивних тріщин із шириною розкриття по поверхні конструкцій до 10 мм. Конструкційний ремонт проводять методом омонолічування з відновленням геометричної форми конструкцій, після ретельної підготовки поверхні ремонтних ділянок: слабкий і крихкий бетон повинен бути видалений; для видалення пилу очищену поверхню продувають стисненим повітрям. Оброблена і підготовлена поверхня бетону повинна бути міцною, чистою, знежиреною і не мати мастильних плям.

Для виконання ремонтно-відновлювальних робіт методом конструкційного ремонту використовують комплект механізованого обладнання для очищення поверхні, приготування ремонтної композиції та для внесення її в зону дефекту.

Матеріалами для конструкційного ремонту та відновлення геометричної форми конструкцій є полімерцементні або полімерні ремонтні розчини, які характеризуються високою міцністю, адгезією до основи, відсутністю усадки. Полімерцементні ремонтні матеріали – це сухі суміші на основі цементу, модифікованого полімерами. При додаванні води вони утворюють швидкотвердіючі високоміцні ремонтні суміші для омоноличування пустот і каверн, відновлення геометричної форми конструкції, зароблення тріщин. Для підвищення міцності та тріщиностійкості до складу полімерцементних сумішей додають поліпропіленову фібру. Такі розчини застосовують для особливо ретельного ремонту елементів бетонних конструкцій. Товщина ремонтного шару коливається в межах 10–40 мм у залежності від марки суміші.

Полімерні розчини (шпаклівки) – полімерні композиції, здебільшого на основі епоксидних смол, які наповнені мінеральним наповнювачем. Це ремонтні матеріали, які мають найбільш високі міцнісні показники, дуже високу адгезію до бетону, металу, цегли і деяким пластикам, підвищену твердість та стійкість до води, розчинів солей, перепадів температур. Полімерні розчини – двокомпонентні, складаються із основи та затверджувача і, як правило, не містять розчинників. Застосовуються в якості шпаклівки для ремонту поверхонь бетону і штукатурки, для омоноличування і герметизації пасивних тріщин, для анкерування нової арматури в існуючі бетонні елементи, для склеювання бетонних елементів з металом, деревом і каменем, для відновлення геометричної форми конструкцій.

Дефекти ГТС часто локалізуються в зоні швів. Наразі існує багато технічних рішень для їх усунення. Так, при гідроізоляції «холодних» швів застосовують гідрофільний гумовий профіль, бентонітові шнури та мати, які під дією води збільшуються в об'ємі, ущільнюючи зону шва. У разі порушення гідроізоляції в зоні шва і проникнення водного середовища профіль продовжує «вбирати» воду, при цьому ще більше ущільнюючи міжшовний простір. У результаті набряклий профіль повністю повторює рельєф сусідніх поверхонь шва та ізолює дану зону.

Для відновлення деформаційних швів розроблена технологія **герметизації**, яка передбачає застосування епоксиретан-бітумного герметика з міцністю при розриві $\geq 0,2$ МПа, відносним подовженням при розриві $\geq 100\%$, адгезією до бетонної поверхні $\geq 0,4$ МПа [8]. Запропоновано конструкцію деформаційного шва з використанням указанного герметика [9].

На більшості ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу існує проблема активних протікань води через стики, місця примикань, кутові сполучення та деформаційні шви збірних залізобетонних елементів, а також через розущільнені ділянки монолітних залізобетонних споруд та місця проходження комунікацій. Для таких випадків розроблений спосіб захисту та ремонту будівельних конструкцій, який базується на технології **екстреного тампонажу**, що включає замонолічування дефектів у місцях активних протікань миттєвотужавіючою цементно-піщаною сумішшю, модифікованою спеціальними хімічними добавками, замонолічування крупних дефектів швидкотвердіючою фіброполімерцементною сумішшю, просочування поверхні складом проникаючої гідроізоляції та нанесення гідроізоляційного шару полімерцементним складом [10].

Група тампонажних матеріалів для аварійної ліквідації активних протікань представлена швидкотвердіючими цементними розчинами, час тужавіння яких знаходиться в діапазоні від десятків секунд до декількох хвилин. Ці матеріали застосовують для герметизації тріщин, стиків та швів, через які активно протікає вода в бетонних та залізобетонних конструкціях.

Швидкотвердіючі матеріали – це сухі суміші на цементній основі. Короткий термін тужавіння забезпечується завдяки спеціальній комбінації солей, які є добавками, що прискорюють набір міцності, а також за рахунок підвищеного вмісту алюмінату кальцію та мікрокремнезему. Суміші здатні зупинити протікання води під тиском 5 атм., а деякі і вище (на практиці при ліквідації протікань дуже рідко має місце протікання під тиском навіть 2 атм.).

Швидкотвердіючі суміші характеризуються відсутністю усадки. Це досягається за рахунок розширення гідроізоляційної «корки» під час твердіння на 0,5–3%, наступна усадка компенсує розширення.

Терміни тужавіння у матеріалів різних виробників відрізняються. Одні матеріали тужавіють за 5–10 хвилин, інші – за 1–3 хвилини, а деякі – за 15–60 секунд в залежності від температури води. Швидкотвердіючі суміші мають недостатню тріщиностійкість, тому після твердіння їх накривають шаром звичайної полімерцементної або поліуретанової гідроізоляції.

Технологія тампонажу передбачає усунення точкових протікань через конструкції, герметизацію протікань через «холодні» шви,

стикові сполучення та тріщини, в зоні проходження комунікацій, а також ліквідацію крапельної поверхневої фільтрації. У деяких випадках швидкотвердіючі суміші можна застосовувати при улаштуванні суцільного гідроізоляційного шару. Наприклад, коли шар води в доковій частині насосної станції вже достатньо великий (15 см і більше), а вона все прибуває і місце протікання виявити не вдається.

Розроблені композиційні ремонтні матеріали та технології їх використання відпрацьовували на об'єктах Держводагентства України для укріплення поверхні бетону, для швидкого замонолічування дефектів бетонної поверхні та відновлення геометричної форми конструкцій, при ремонті та підсиленні бетонних та залізобетонних конструкцій, при гідроізоляції та омонолічуванні стиків збірних конструктивних елементів. Указані технології були успішно випробувані і впроваджені на таких об'єктах: Кочурській насосній станції Ірпінського Міжрайонного управління водного господарства (МУВГ), водоскидній споруді Альмінського водосховища Бахчисарайського МУВГ, ДНС-1 Новотроїцького МУВГ, Дмитрівській насосній станції Лівобережного МУВГ для відновлення водонепроникності та монолітності залізобетонних конструкцій.

Висновок. Основними технологічними напрямками підвищення експлуатаційної надійності та довговічності гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу при їх ремонті та реконструкції є комплекс методів первинного захисту (технології монолітного бетонування) із застосуванням бетонів нового покоління та комплекс методів вторинного захисту (технології поверхневого просочування, ін'єктування, тампонажу, торкретування, конструкційного ремонту, герметизації, гідроізоляції) із застосуванням сучасних полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів.

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

2. *Патент України № 76447.* Полімерцементний розчин / О.В. Коваленко, В.Д. Крученко. – 2013. – Бюл. № 1.

3. *Патент України № 76454.* Фібробетонна суміш / О.В. Коваленко, В.Д. Крученко. – 2013. – Бюл. № 1.

4. Патент України № 76451. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк. – 2013. – Бюл. № 1.
5. Патент України № 76452. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк. – 2013. – Бюл. № 1.
6. Патент України № 76449. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк. – 2013. – Бюл. № 1.
7. Патент України № 76450. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк. – 2013. – Бюл. № 1.
8. Патент України № 44576. Спосіб герметизації деформаційних швів / О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна. – 2009. – Бюл. № 19.
9. Патент України № 46976. Деформаційний шов / О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна. – 2010. – Бюл. № 1.
10. Патент України №76501. Спосіб захисту та ремонту будівельних конструкцій / О.В. Коваленко, В.Д. Крученюк. – 2013. – Бюл. № 1.

Приведены результаты обследования технического состояния гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса и обоснованы основные технологические направления повышения их эксплуатационной надежности и долговечности при реконструкции

The results of a survey of technical condition of hydraulic structures of the water-reclamation system are given; main technological aspects of operational reliability and durability improvement while under reconstruction are grounded.