

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.012.3/.4:69.034.9

Й. Й. ЛУЧКО¹, Ю. М. ГАЩУК^{2*}

¹ Кафедра будівельних конструкцій Львівського національного університету природокористування, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Україна, 80381, тел. +38 (097) 033 18 36, ел. пошта lychko.diit@gmail.com, ORCID 0000-0002-3675-0503

^{2*} Кафедра будівельних конструкцій Львівського національного університету природокористування, вул. В. Великого, 1, м. Дубляни, Україна, 80381, тел. +38 (097) 665 26 80, ел. пошта yura_034@ukr.net, ORCID 0000-0003-1438-495X

ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД (ОГЛЯД)

Мета. На основі аналізу науково-технічних джерел та натурних досліджень і обстежень узагальнити результати гідроізоляції, зокрема механізми основних факторів зволоження і засолення, оцінити зволоження і засолення та запропонувати способи продовження ресурсу, розробити технологію відновлення експлуатаційних характеристик залізобетонних конструкцій будівель і споруд. **Методика.** Для досягнення поставленої мети було проведено огляд науково-технічних джерел та здійснених натурних досліджень, нормативних документів щодо технічного стану гідроізоляції та зволоження і засолення залізобетонних конструкцій будівель і споруд України. **Результати.** Виконано аналіз вітчизняних і закордонних науково-технічних джерел щодо технічного стану гідроізоляції на старих та новозбудованих залізобетонних конструкціях будівель і споруд. Проведено аналіз і синтез проблем забезпечення надійності й довговічності залізобетонних конструкцій будівель і споруд в умовах експлуатації їх у повітряному, ґрунтовому та водному середовищах. Зокрема, виконано аналіз причин відмови роботи гідроізоляційних систем, визначено основні фактори зволоження та засолення, які впливають на створення надійної гідроізоляції. Розроблено класифікацію систем гідроізоляції та визначено види навантажень на гідроізоляцію. Відзначено вимоги до гідроізоляційних матеріалів та встановлено методи контролю їх якості. Представлено залежності зволоженості зразків від глибини, показано вплив на ядро замочування, проведено дослідження міцності адгезії вологих та засолених залізобетонних конструкцій (їх наведено на рисунках в даній роботі) й також показано співвідношення міцності адгезії вітчизняних та закордонних гідроізоляційних матеріалів, зокрема наголошено, що поглинання води суттєво залежить від засолення аніонами та поглинання засолення стін. **Наукова новизна.** У даній роботі – на підставі аналізу і синтезу науково-технічних джерел та низки досліджень гідроізоляції залізобетонних конструкцій реальних об'єктів будівель і споруд при зведенні і тривалій експлуатації – узагальнено дані про гідроізоляцію та процеси, які суттєво впливають на деградацію конструкцій, та сформульовано висновки щодо надійної гідроізоляції та захисту й відновлення таких конструкцій. Встановлено основні причини порушення гідроізоляції залізобетонних конструкцій, які суттєво впливають на деградацію таких конструкцій: помилки на стадії проектування гідроізоляції, дефекти і недоліки гідроізоляції при зведенні та недоліки експлуатації гідроізоляції. **Практична значимість.** На основі отриманих узагальнених даних з гідроізоляції у висновках подано пропозиції щодо забезпечення надійної гідроізоляції несучих залізобетонних конструкцій, які експлуатуються у зволжених і засолених агресивних середовищах. Відпрацьована методика технічної діагностики та усунення недоліків гідроізоляції і підсилення залізобетонних конструкцій, що дає можливість збільшити їх надійність і ресурс вказаних конструкцій.

Ключові слова: залізобетон; конструкції; стіни; гідроізоляція; зволоження; засолення; деградація

Вступ

Гідроізоляція необхідна для захисту від двох основних факторів агресивного середовища – це від надмірної зволоженості та засоленості залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Захист від впливу вологості, грибкових ушкоджень і мікроорганізмів є однією з актуальних проблем збереження експлуатаційних

властивостей конструкцій будівель і споруд загалом. Особливо важлива вона для наших міст де майже до 50 % будинків потерпають від пошкоджень (Назаревич, 2004). Серед них старі і сучасні будинки, пам'ятники архітектури, а також ансамблі, що мають історичну цінність.

Будівельні та реставраційні і санітарні служби ведуть постійний пошук ефективних методів осушення і водночас ліквідації грибка та

мікрофлори. Серйозним чинником при цьому є засолення, що призводить до застосування значно триваліших технологічних циклів і відповідного зростання вартості робіт. Оскільки властивості конструкцій із залізобетону, порівняно вивчені, через що і можна добрати відповідну технологію, зокрема залізобетонні фундаменти пошкоджені вологістю, вивчені ще недостатньо.

Як відомо вологість стін та засолення є основними факторами руйнації старих і нових будинків і споруд. Зокрема, підвальні та підземні приміщення оточені вологою землею. У разі порушення гідроізоляції або її відсутності, вода що є в ґрунті, просочується через стіни і руйнує захисний шар із зовнішньої сторони, а після капілярного переміщення всередину бетону доходить до внутрішньої сторони. Якщо до постійної вологості додається ще і тепло, наприклад у житлових напівпідвальних приміщеннях, то на окремих місцях стіни з'являються чорні плісняві колонії. Вони загрожують не тільки здоров'ю мешканців, а й будівельній субстанції. Цю руйнівну силу можна ліквідувати влаштуванням санаційно-ремонтних заходів. Тому найважливіші фактори руйнації будівель і споруд є вологість стін та їхнє засолення (Лучко, & Парнета, 2010).

Проблема та її актуальність

Залізобетонні конструкції будівель чи споруд зазнають дії агресивних середовищ, зокрема, заволоження та засолення, які зумовлюють локальне корозійне руйнування і пришвидшують втрату несучої здатності вказаних об'єктів, якщо не вжити відповідні заходи до їх захисту.

Одним із методу захисту залізобетонних конструкцій будівель і споруд, що перебувають в умовах зволоженості та засоленості є метод просочення антикорозійними розчинами. Відзначимо, що у розробках з цієї тематики не для всіх конструктивних елементів розроблено математичний апарат для визначення тривалості насичення, а в передумовах постановки задач з просочення не враховано фізико-механічні характеристики структури конструкцій.

Огляд експериментальних досліджень засвідчив, що у роботах багатьох авторів спостерігається деяка неоднозначність щодо заповнення пор конструкцій антикорозійними рідинами (розчинами) та швидкість просочення в часі.

Тому актуальними з теоретичного і практичного поглядів є дослідження спрямовані на створення аналітичних методик розрахунку гідроізоляції, зокрема надійності і корозійної тривкості заволожених і засолених залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Також впровадження відповідних технологій ремонту таких конструкцій з прогнозом ресурсу їх подальшої експлуатації: незважаючи на певну кількість публікацій з цієї тематики, відповідні заходи щодо створення надійної гідроізоляції та запобігання зволоженості та засоленості вказаних конструкцій висвітлені недостатньо.

Основні результати

Гідроізоляція залізобетонних конструкцій будівель і споруд є одним із найскладніших видів будівельних робіт. Зокрема, міцність, надійність і довговічність будівель і споруд суттєво залежить від ефективності гідроізоляції не менше, ніж від якості матеріалу несучих залізобетонних конструкцій. Зазначимо, що гідроізоляція на сьогодні, не привернула належної уваги науково-дослідних, проектних і будівельних організацій та замовників. Тому протікання підземних залізобетонних споруд є розповсюдженим явищем в яких до 90 % зумовлені відмовою роботи гідроізоляційних систем на ранній стадії експлуатації, що спричиняє прискорену деградацію вказаних конструкцій і збільшує експлуатаційні витрати. Практика доводить, що фінансові вкладення для відновлення гідроізоляції можуть у декілька разів перевищувати витрати на її влаштування при зведенні будівель і споруд.

Аналіз науково-технічних джерел (Алексеев, Иванов, & Модры, 1990; Гарески, & Назаревич, 1999; Лучко, Назаревич, & Глагола, 2000; Лучко, Глагола, & Назаревич, 1999; Карапузов, 2012; Глагола, Лучко, & Назаревич, 2002; Звіт на тему, 2006; Лучко, & Парнета, 2006; Лучко, Иваник, Назаревич, & Бартосик, 2006; Лучко, Иваник, Назаревич, & Бартосик, 2007) дає підставу стверджувати, що в останні десятиріччя сформувався науковий напрям дослідження і підсилення залізобетонних конструкцій будівель і споруд зокрема, підземних споруд закритих і відкритих басейнів тривалої експлуатації, які зазнають агресивної дії середовища. Розглянемо деякі з них, зокрема у роботі (Алексеев, Иванов, & Модры, 1990) наведені дані про су-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

місні результати дослідження країн СРСР та ЧССР і ФРГ довговічності, залізобетону в агресивному середовищі, в яких ґрунтовно описані корозійні процеси арматури та карбонізація бетону і відзначено значний вплив гідроізоляції на вказані процеси. У роботах (Гарески, & Назаревич, 1999; Лучко, Назаревич, & Глагола, 2000) описані системи і технології по захисту залізобетонних конструкцій від корозії та запропоновані гідроізоляційні матеріали для захисту і їх застосування. Наведено аплікаційні властивості систем РСС і вказівки по їх використанню. Відзначено, що на поняття корозії бетону значно впливають гідроізоляційні процеси. Наведено класифікацію факторів (гідроізоляція), які викликають корозію та класифікацію її видів. Зокрема у роботі (Лучко, Назаревич, & Глагола, 2000) розглянуто причини корозії і вплив гідроізоляції та описано класифікацію корозії бетону. Розглянуто методику діагностики об'єму пошкоджень та методику ремонту залізобетонних конструкцій фірми SHOMBURG та ремонту систем ASOCRET-РСС.

У монографії (Лучко, Глагола, & Назаревич, 1999) наведено огляд літератури з питань корозії будівельних конструкцій. Висвітлено теоретичні основи просочення залізобетонних конструкцій антикорозійними розчинами. Також описано вплив зовнішнього агресивного середовища на довговічність залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Описано корозійні процеси арматури та методи захисту арматури в залізобетонних конструкціях від корозії. Розглянуто методи ремонтно-відновлювальних робіт сучасними матеріалами і технологіями.

У монографії (Карапузов, 2012) розглянуто системний підхід з вирішення проблеми при зведенні будівель і залізобетонних конструкцій – гідроізоляцію будівельних конструкцій. Зокрема, наведено класифікацію сучасних гідроізоляційних матеріалів і встановлено вимоги до них. Наведено методи оцінювання якості гідроізоляційних матеріалів і покриттів на їх основі. Встановлені параметри водних навантажень на гідроізоляційні покриття, що дає можливість оптимізувати економічну складову при прийнятті рішень щодо гідроізоляції залізобетонних конструкцій будівель і споруд. Описано технологічні основи застосування різних систем гідроізоляції, а також конструктивні рішення, що

забезпечують їх ефективну експлуатацію.

У роботі (Глагола, Лучко, & Назаревич, 2002) встановлено, що основною причиною корозії арматури в залізобетонних конструкціях є порушення гідроізоляції і як наслідок прогресуюча карбонізація внаслідок впливу на бетон кислот. Показано також, що розчини лугів високої концентрації на хімічних виробництвах суттєво впливають на деструктивні процеси в бетоні. Встановлено, що швидкість корозії залежить не тільки від концентрації середовища, але й від температури. У роботі також відзначено, що на сьогодні є можливість зупинити корозійні процеси, використовуючи сучасні технології та матеріали.

У роботі (Звіт на тему, 2006) «Обстеження конструкції басейну будівлі готелю «Прикарпаття» в м. Трускавці і розробка технічної документації щодо подальшої безпечної експлуатації». Наведено загальні відомості про будівлю закритого басейну та причини, зокрема гідроізоляція, що спонукали до обстеження. Обстеженнями було виявлено цілий ряд дефектів і недоліків, які описані у роботі (Глагола, Лучко, & Назаревич, 2002). За результатами обстеження було розроблено технічну документацію щодо подальшої безпечної експлуатації басейну. У роботі (Лучко, & Парнета, 2006) наведено загальні відомості, аналіз проектної та технічної документації будівель басейну. Детальні результати обстеження будівлі басейну. Зокрема, місце кородування арматури та бетону внаслідок неякісної гідроізоляції, а в таблиці наведені дефекти басейну аквапарку з їх описом і прив'язкою до осей плану басейну. Наведено аналіз результатів обстеження та пропозиції з ремонту характерних дефектів та пошкоджень басейну. Та сформульовано відповідні висновки.

У роботах (Лучко, Іваник, Назаревич, & Бартосик, 2006; Лучко, Іваник, Назаревич, & Бартосик, 2007) «Капітальний ремонт басейну готелю «Прикарпаття» у м. Трускавці. Зокрема, у вступі наведено терміни будівництва (2004-2005 р.) та здачу його в експлуатацію в 2005 р. Проектувала фірма «Murat Sivka», а прив'язку виконано волинською фірмою «Діпромист». Перекриття басейну залізобетонне, монолітне з перехресною ребристою системою просторової роботи. Зокрема, при обстеженні було виявлено значну кількість помилок, дефектів гідроізоля-

ції та пошкоджень допущених при зведенні, які зводяться до наступного:

- невірно виконано переливний лоток;
- відсутність деформаційного шва між басейном і пляжем створило цілий ряд протічок, блокування яких втратило зміст (рис. 1, a, f) (Лучко, Іваник, Назаревич, & Бартосик, 2007);
- невірно зароблені випуски всіх існуючих труб, що призвело до появи місць протікання (182 шт.);
- неякісно виконана гідроізоляція ванни басейну, а також переливного лотка, що призвело до корозії бетону і арматури (рис. 1, g, h) (Лучко, Іваник, Назаревич, & Бартосик, 2007).

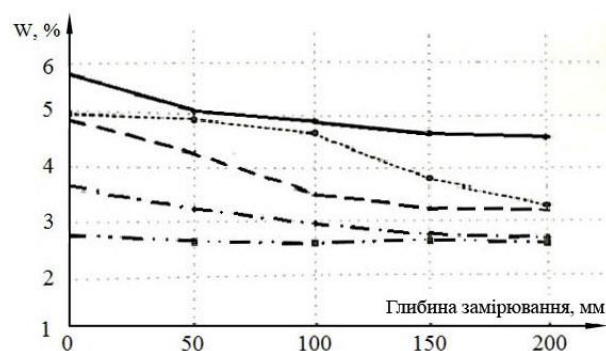


Рис. 1. Залежність зволоженості зразків від глибини. Умовні позначення:

— проба А; проба Б; --- проба В; -.-.- проба Г

Як видно з перерахованих дефектів основним фактором пошкодження у конструкціях є їх постійне замокання (відсутня гідроізоляція) і, як наслідок, корозія бетону і арматури. На основі досліджень було зроблено висновок про необхідність капітального ремонту, який складався із 15 робіт, які потрібно виконати для його надійної експлуатації. Наведені відповідні висновки.

У довідниковому посібнику «Ін'єкційні технології відновлення роботоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації» (Маруха, 2009) розглянуто загальну характеристику бетонів і залізобетонів та основні види пошкоджень бетонних і залізобетонних конструкцій під час їх експлуатації. Описано технології зміцнення та відновлення роботоздатності вказаних конструкцій. Наведено ін'єкційні матеріали їх технологічні і фізико-механічні та технічно експлуатаційні параметри. Висвітлено оцінювання та роботоздатність конструкцій і описано методи та прилади технічної діагностики. Та-

кож наведена реалізація ін'єкційних технологій відновлення пошкоджених залізобетонних конструкцій будівель і споруд.

У монографії (Лучко, Парнета, & Назаревич, 2016) охарактеризовано основні види і типи корозії та фактори (зокрема гідроізоляція), що впливають на механізми і кінетику корозійної деградації бетонної структури, та запропоновано методи підвищення корозійної стійкості і довговічності бетону та залізобетону. Розглянуто теоретичні передумови фільтрації та встановлено залежності фільтрації. Значну увагу приділено теоретичним засадам основ математичного моделювання корозійного руйнування. З'ясовано перебіг процесів корозії арматури, особливості захисної дії бетону.

У роботі (Назаревич, 2004) відзначено, що довготривале, надмірне зволоження будівлі спричиняє поступове структурне руйнування будівельних конструкцій. Описано джерела та причини зволоження будівель. Зокрема відзначено, що відсутність або пошкодження горизонтальної і вертикальної гідроізоляції, зволоження в результаті дії розпоршених вод, невірно вирішена або взагалі відсутня вентиляція. Наведено розподіл та характеристику підземних вод і також описано, що висота піднімання води в стіні залежить від низки умов (наведені у роботі) і рух води в капілярах.

У роботі (Назаревич, 2005) наведено три групи горизонтальних гідроізоляцій:

1. Способи, що полягають у механізмі впровадження гідроізоляційного шару.
2. Способи (описано 6 способів усунення вологості), що полягають на постійному усуненні вологості.
3. Способи, що полягають у влаштуванні гідрофобної чи водошільної блокади з попереднім очищенням капілярів або без використання цього прийому.

Показано, що внаслідок гігроскопічності солей поглинання води засоленими стінами проходить більш інтенсивніше (див. рис. 5).

У роботі (Лучко, Парнета, & Назаревич, 2006) наведено технологію влаштування горизонтальної гідроізоляції у цегляних і бетонних стінах. Зокрема, описано при яких параметрах вологості, запресовку ін'єкційного матеріалу слід виконувати під тиском. Також наведено підготовка поверхонь стін в зоні встановлення шпурів та їх влаштування. Звернута увага на

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

гідрофобізацію поперечного перерізу стіни та заповнення шпурів і їх видалення й видалення пакерів. Описано обладнання для виконання ін'єкцій під тиском.

У роботі (Назаревич, & Лучко, 2006) наведено технології влаштування горизонтальної гідроізоляції. Зокрема, у даній роботі приведено аналіз традиційних та сучасних методів влаштування горизонтальних гідроізоляцій у заволожених стінах. Представлено їх недоліки та переваги, наведено мету та основні фактори, що впливають на ефективність влаштування горизонтальної ізоляції хімічними ін'єкційними методами.

У роботі (Лучко, & Парнета, 2006) наведено загальні відомості, аналіз проектної та технічної документації будівель басейну. Детальні результати обстеження будівлі басейну. Зокрема, місце кородування арматури та бетону, а в таблиці наведені дефекти басейну аквапарку з їх описом і прив'язкою до осей плану басейну. Наведено аналіз результатів обстеження та пропозиції з ремонту характерних дефектів та пошкоджень басейну. Та сформульовано відповідні висновки.

У роботі (Лучко, & Парнета, 2010) описано результати довготривалого дослідження заволоженості та засоленості бетонних зразків протягом чотирьох років з метою перевірки ефективності горизонтальної та вертикальної гідроізоляції бетонних та залізобетонних будівель і споруд.

У роботі (Лучко, & Парнета, 2014) описано явище адгезії та розглянуто методи і теорії її дослідження і види руйнування агресивних з'єднань, зокрема наведено теоретичне визначення адгезії кількісну характеристику адгезії. Встановлено, що адгезія на міцність – це сила необхідна для руйнування адгезивного з'єднання. Розглянута робота відшарування плівки адгезива. Описано сім теорій адгезії. Розглянуто вплив нерівностей твердої поверхні на міцність адгезиву. Досліджено напруження у адгезиві і його релаксацію, показано, що швидкість прикладання навантаження впливає на міцність адгезії.

У роботі (Назаревич, & Лучко, 2009) наведено результати дослідження технології влаштування горизонтальної ізоляції в будівлях старої забудови. Зокрема описано різні види замокання кам'яних (цегляних) стін та описано при-

чини замокання. Наведено також основні правила для проєктування технології влаштування горизонтальної ізоляції в будівлях старої забудови. Описано технологію влаштування горизонтальної ізоляції та підготовку поверхні стіни в зоні влаштування шпурів та запресування ін'єкційного матеріалу гравітаційно та під тиском. Наведено матеріали та пристосування для виконання горизонтальної гідроізоляції й наведено вказівки з виконання робіт.

У роботі (Лучко, & Парнета, 2009) наведена технологія влаштування гідроізоляції та ремонтно-відновлювальних робіт. Зокрема, створена на основі натурних багаторічних досліджень в якій описані прилади та обладнання, влаштування шпурів і встановлення пакерів та виконання гідроізоляції поперечного перерізу. Також описано заповнення шпурів та видалення пакерів і влаштування вертикальної гідроізоляції й наведено приклади технологічних карт та схем. На підставі аналізу і апробації на реальних об'єктах для захисту і відновлення проектно-міцності бетонних та залізобетонних конструкцій.

У роботі (Лучко, Назаревич, & Гайда, 2012) представлено дані про влаштування гідроізоляції з профільованого поліетилену під час капітального ремонту підземного переходу. Наведено дані про фізико-механічні властивості поліетиленових листів. Виконано випробування зразків з приклеєною гідроізоляцією. Представлено поперечні перерізи підземного переходу після ремонту. Наведено технологічну послідовність відновлюваних робіт. Відзначено, що технологію влаштування гідроізоляції з профільованого поліетиленового листа методом аплікації може мати ширше застосування.

У роботі (Назаревич, & Лучко, 2014) проведено аналіз характерних помилок при облаштуванні під час проєктування, виконання та експлуатації горизонтальних гідроізоляцій в старій забудові. Наведено приклади появи дефектів при недотриманні умов дослідження проєктування та виконання горизонтальної ізоляції хімічними (ін'єкційними) методами.

У роботі (Лучко, Назаревич, & Назаревич, 2008) наведено результати дослідження цегляних будівель – сакральних архітектурних пам'яток, встановлено вплив заволоження та засолення кам'яних конструкцій на характеристики міцності під час довготривалої експлуата-

ції. На основі аналізу причин руйнування розроблена методика та технологія ремонтно-відновлювальних робіт, які були апробовані на натурних об'єктах і підтвердили їхню надійність. У роботі (Парнета, & Лучко, 2014) дослідження міцності адгезії в умовах нанесення адгезиву на поверхню, яка попередньо піддавалась впливу агресивного середовища, що до-

зволяє визначити можливість виконання гідроізоляції на ураженій поверхні залізобетонних конструкцій. Показано приклеєного циліндра до поверхні гідроізоляції із щільним швом клею та виконано порівняння адгезивних характеристик вітчизняних та закордонних гідроізоляційних матеріалів, які наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння міцності адгезії вітчизняних та закордонних гідроізоляційних матеріалів (Парнета, Лучко, 2014)

№ з/п	Клас бетону дослідного зразка	Розмір бетонного зразка, L, h, b , мм	Стан засолення при гідроізоляції	Найменування матеріалів гідроізоляції	Середнє значення міцності адгезії, Н/мм ²
1	C12/15	400×600×180	не засолена	AQUAFIN-2K	1,225
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,1
2	C12/15	400×600×250	засолена	AQUAFIN-2K	1,1
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,03
3	C12/15	400×600×380	не засолена	AQUAFIN-2K	1,18
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,2
4	C25/30	400×600×180	засолена	AQUAFIN-2K	1,66
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,56
5	C25/30	400×600×250	не засолена	AQUAFIN-2K	1,56
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,55
6	C25/30	400×600×380	засолена	AQUAFIN-2K	1,68
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,7
7	C25/30	400×600×250	не засолена	AQUAFIN-2K	1,6
				ТЕРМІТ ТГ-33	1,55

У роботах (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018; Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018) досліджено питання розвитку корозійних процесів у бетонних конструкціях за рахунок вологи. Зокрема у роботі (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018) описано особливості влаштування ін'єкційної гідроізоляції підземних паркінгів. А в роботі (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018) наведено результати дослідження технології ін'єкційної гідроізоляції підземних споруд та проаналізовано особливості руху рідин у пористому середовищі на прикладі бетонних зразків у випадку довготривалого впливу води під час їх зволоження. Робота присвячена визначення глибини зволоження залізобетонних конструкцій та встановлення не змочуваного ядра залежно від класу бетону та ін'єкційної гідроізоляції, при якій досягається зменшення витрати гідроізоляційного матеріалу. Результати теоретичних і експериментальних досліджень можна застосу-

вати для вибору оптимального методу захисту конструкцій від зволоженості та для визначення місце і способу влаштування гідроізоляції.

У роботі (Лучко, Назаревич, & Чечін, 2019) проаналізовано доцільність застосування методики влаштування мембранної гідроізоляції підземних споруд ін'єкційними методами. Відзначено, що у багатьох підземних споруд дуже часто спостерігається наявні, приховані джерела замокання, які суттєво підвищують агресивність середовища. Застосування методу ін'єкції для нагнітання блокуючи речовин у структуру гідроізоляції. Встановлено, що матеріали на основі синтетичних смол краще проникають в структуру ґрунту ніж цементні емульсії. Властивості гелевих композитів у багатьох вказаних дають можливість влаштування гідроізоляційних екранів. Роботи з влаштування гідроізоляційних екранів на об'єктах, які описані в цій роботі підтвердили надійність мембранної гід-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

роізоляції і слідів замокання не виявлено протягом декількох вже років.

У роботах (Лучко, Парнета, Пенцак, & Петренко, 2019; Лучко, Парнета, Пенцак, & Петренко, 2019) описано дослідження адгезії та міцності полімерцементного матеріалу при відновленні гідроізоляції басейну. Зокрема, у роботі (Лучко, Парнета, Пенцак, & Петренко, 2019) описано загальні відомості про дослідження адгезії полімерцементного матеріалу. А у роботі (Лучко, Парнета, Пенцак, & Петренко, 2019) наведено результати дослідження адгезійної міцності полімерцементного матеріалу при влаштуванні гідроізоляції басейну.

У рекомендаціях (Лучко, Парнета, & Гаїда, 2009) наведені основні положення щодо методики та технологію влаштування горизонтальної і вертикальної гідроізоляції. Подано наукове обґрунтування та методики визначення зволоженості та засоленості бетонних та залізобетонних конструкцій. Описана аналітична оцінка корозійної стійкості та довговічності таких конструкцій. Наведено технологічні схеми та пропозиції щодо практичного виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

У рекомендаціях (Лучко, & Назаревич, 2009) описано основні положення щодо методики та технологію влаштування горизонтальної гідроізоляції у кам'яних (цегляних) будівлях старої забудови. Наведено наукове обґрунтування та методики визначення зволоженості та засоленості у кам'яних будівлях тривалої експлуатації. Також наведено графік процесу засолення аніонами Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} (див. рис. 4). Подано технологічні карти та схеми і пропозиції щодо практичного виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

У роботі (Лучко, Назаревич, & Гашук, 2024) наведено результати натурних досліджень пошкоджень та описано недоліки залізобетонних відкритих басейнів при зведенні та тривалій експлуатації. Зокрема, наведено актуальність роботи та аналіз останніх досліджень і публікацій сформульована мета роботи. Розглянуто загальні відомості про конструкції відкритих басейнів, зокрема представлено основні характеристики і параметри відкритих басейнів. Наведено армування конструкцій стін і днища відкритих басейнів, які показано на рис. 1-4. Описано гідроізоляцію закритих і відкритих басейнів та наведено приклади деградації відк-

ритих басейнів.

У роботі (Коваленко, 2020) проаналізовано сучасний ринок гідроізоляційних сумішей на цементній основі провідних світових виробників. Наведено технологічні, фізико-механічні та захисні властивості як матеріалу для захисту бетонних та залізобетонних конструкцій, зокрема і гідротехнічних споруд. Представлена класифікація залежно від призначення та хімічного складу і досліджено основні чинники, які впливають на властивості одно та двокомпонентних гідроізоляційних сумішей. Зокрема наведено в таблиці низку провідних виробників гідроізоляційних матеріалів та представлено класифікацію гідроізоляційних сумішей на цементній основі за призначенням. А в роботі (Сергеева, 2023) описано результати дослідження гідроізоляції в будівельних конструкціях, зокрема розглянуто питання гідроізоляції як комплексу заходів для захисту будинку від впливу вологи і води. Наведено види гідроізоляції, залежно від використання матеріалів і способу їх нанесення та наведено помилки гідроізоляції, зокрема першою поширеною помилкою гідроізоляції – економія на якості матеріалів, а другою названо неправильне застосування матеріалів під час проведення горизонтальної та вертикальної гідроізоляції споруди.

Отже, підсумовуючи результати аналізу натурних досліджень та літературних джерел дослідження горизонтальної і вертикальної гідроізоляції залізобетонних конструкцій на думку авторів, можна відзначити доцільність застосування результатів, які наведені на рис. 1–5 та в табл. 1. Зокрема, досліджуючи технології ін'єкційної гідроізоляції підземних споруд у роботі (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018) одержимо результати досліджень волості зразків які наведено на рис. 1 (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018). У результаті проведеного експерименту в точках поперечного перерізу бетонного зразка, які наведені на рис. 2 (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018). У середній зоні перерізу виділено ділянку, зволоженість якої перевищує зволоженість еталонного зразка не більше ніж 16 % (тобто не змочує ядро бетону). Тому за рахунок висвердлювання двох зразків на 150 мм економніше ніж висвердлювання на 380 мм і зменшення гідроізоляційного матеріалу.

Вимірювання адгезії починалось з приклеювання металевих циліндрів до гідроізоляційно-

го покриття, яке наведено на рис. 3.

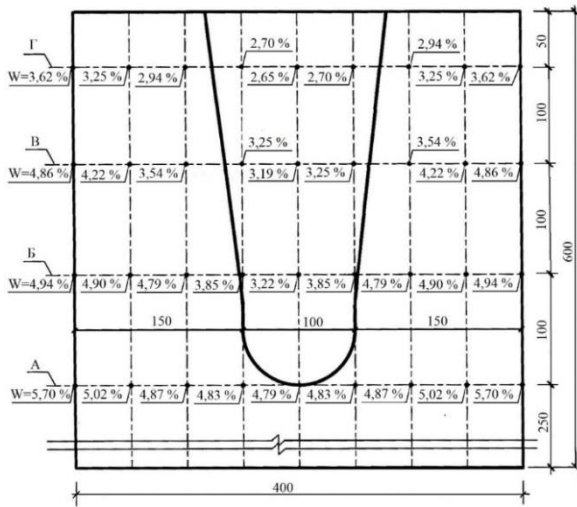


Рис. 2. Немочуване ядро бетону

Результати експериментальних досліджень міцності адгезії вітчизняних та закордонних гідроізоляційних матеріалів і їх порівняння наведено у табл. 1.

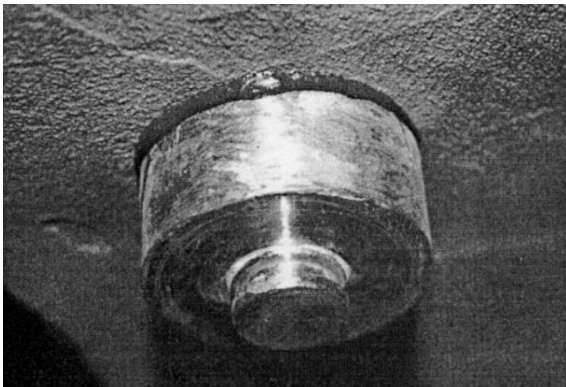
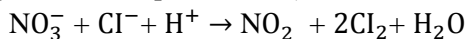


Рис. 3. Вигляд приклеєного циліндра до поверхні гідроізоляції із щільним швом клею (Парнета, & Лучко, 2014)

Характер кривих для аніонів NO_3^- та Cl^- відмінний. Після досягнення максимуму на кривій насичення спостерігається поступове зниження вмісту NO_3^- та Cl^- . Цей процес можна пояснити взаємодією між цими компонентами (Лучко, & Назаревич, 2009).



Внаслідок цієї реакції утворюється газоподібні продукти, які депортуються у кам'яних матеріалів, що й зумовлює зменшення загального вмісту цих компонентів в кам'яних матеріалів (див. рис. 4). Внаслідок гігроскопічності солей поглинання води засоленними стінами проходить більш інтенсивніше рис. 5.

© Й. Й. Лучко, Ю. М. Гашук, 2024

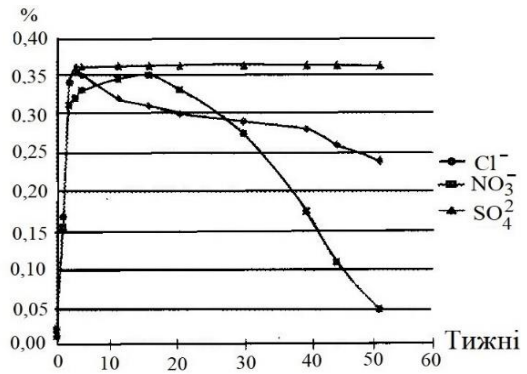


Рис. 4. Графік процесу засолення аніонами Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} (Лучко, & Назаревич, 2009)

Із рисунка випливає, що при збільшенні концентрації солі – нітрату кальцію – в кладці (у 4 мг/г кам'яних матеріалів до 152 мг/г) водопоглинання матеріалу за два тижні збільшується у 7 разів (Назаревич, 2005).

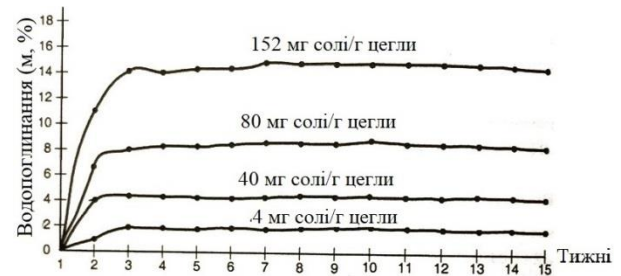


Рис. 5. Графіки поглинання води засоленними стінами (Назаревич, 2005)

Отже, адгезія присутня в багатьох будівельних процесах: при склеюванні матеріалів, отриманих та застосованих лакофарбових покриттів, в полімерних композиційних матеріалів, при виконанні рулонних, обмащувальних гідроізоляцій і т. д. У кожного виду гідроізоляції є свої властивості. Але всі вони органічні і неорганічні, полімерні, бітумні, покриття, емалі повинні мати спільну властивість – здатність утворювати міцне з'єднання з поверхнею іншого матеріалу. Явище адгезії має найбільше значення в комплексі явищ, які лежать в основі процесу склеювання. Міцність адгезивного з'єднання визначає основні механічні властивості гідроізоляційних матеріалів (Парнета, & Лучко, 2014).

Висновки

На підставі сформульованої проблеми та аналізу науково-технічних джерел й аналізу монографій і наукових робіт можна зробити

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

такі висновки:

1. Влаштування горизонтальної гідроізоляції під тиском слід вважати ефективнішим методом й більш універсальним, оскільки маємо змогу виконувати запресовку ін'єкційного матеріалу у зовнішніх стінах з більшою вологістю та з меншими витратами матеріалу. Встановлено, що ін'єкція стін під тиском виконується швидше, ніж гравітаційно. Але, незважаючи на це, в деяких випадках можна застосовувати і гравітаційний метод (Лучко, Парнета, & Назаревич, 2006).

2. Експериментальними дослідженнями підтверджено ефективність ін'єкційного методу влаштування горизонтальної гідроізоляції на прикладі бетонних зразків (Лучко, & Парнета, 2010). Величина зволоження всіх зразків була вище рівня горизонтальної гідроізоляції, не перевищувала рівень зволоженості еталонного зразка протягом усього терміну проведення експериментальних досліджень (14 тижнів) (Лучко, & Парнета, 2010). Згідно з даними, одержаними внаслідок лабораторного експерименту, встановлено, що найбільша інтенсивність зволоженості спостерігається у таких бетонних зразках, зволоження у середині зразків бетону класу С15 є набагато меншою від поверхневої зволоженості. Засоленість бетонних зразків вище рівня горизонтальної гідроізоляції практично співпали з експериментальними, які були виконані у 2005 р. Тільки концентрація азотнокислотного натрію у дослідженнях 2009 р. була на порядок вища відповідних значень, одержаних при дослідженні засоленості зразків у 2005 р., – за рахунок більшого розчинення солей.

3. Специфіка проектування зведення та експлуатація сакральних об'єктів суттєво відрізняється від громадських і промислових споруд. Тому, виходячи з багаторічних досліджень таких об'єктів, спостерігаємо, що процеси зволоження та засолення при нормальній експлуатації присутні, але їх розвиток відбувається повільніше у порівнянні з іншими кам'яними об'єктами. Щоб уникнути можливих помилок при визначенні ступеня просочення вологи, потрібно використовувати перевірені, надійні методи й інструментарій, покази яких дають змогу проектувати надійний баланс вологості обстежуваного об'єкту. Виходячи з вище сказаного, до таких відносимо гравітаційний та

хімічні способи.

4. На підставі аналізу результатів експериментальних досліджень (Парнета, & Лучко, 2014) міцності адгезії гідроізоляційних покриттів до залізобетонних поверхонь спостерігаємо відсутність значного впливу засолення залізобетонних зразків та адгезій на міцність. Зменшення показника відриву (до 39 %) на зразках меншого класу бетону пояснюється характером руйнування – когезійному по субстрату, коли руйнується не з'єднання адгезій, а тіло бетону. Такий характер руйнування переважає у випробуваннях на зразках бетону класу С12/15. Тобто на міцність з'єднання впливає клас бетону (руйнування по тілу бетону). Також на міцність адгезійного з'єднання впливає морфологія поверхні конструкцій, на яку наноситься гідроізоляційне покриття.

5. На підставі аналізу науково-технічних джерел та досліджень ін'єкційних технологій й просочення бетонних і залізобетонних конструкцій можна констатувати, що недостатньо вивчено розповсюдження вологості всередині масиву бетонної конструкції. Експериментальні дослідження роботи (Лучко, Парнета, & Пенцак, 2018) засвідчили, що всередині зразка залишається не зволожена частина перерізу (рис. 2), так зване «ядро незмочування». Ділянка всередині зразка (до 25 % товщини перерізу) по величині зволоженості виявились майже ідентична (більше 16 %) із еталонним зразком, який не піддавався зволоженню. Результати обстеження щодо зволоження показали, що захисні залізобетонні конструкції стін піддаються зволоженню та дані дослідження можуть бути використані при проектуванні технології горизонтальної ізоляції.

6. Дослідженнями доведено (Лучко, Назаревич, & Чечін, 2019), що матеріали на базі синтетичних смол краще проникають у структуру ґрунту, ніж цементні емульсії. Гелеві композиції дають можливість влаштування гідроізоляційних екранів у різних видах ґрунтів. На сьогодні авторам невідомі дослідження щодо підтвердження збільшення чи зменшення фізико-механічних характеристик ґрунту, просоченого акриловим гелем, а також невідомо, яка довговічність гідроізоляційного екрану при мінусових температурах. Виробники відзначають, що для нормального функціонування селевого гідроізоляційного екрану мінімальна товщина

селевого композиту над поверхнею конструкції повинна бути не менше 0,120 мм. На думку авторів таке твердження вимагає додаткових досліджень. Дослідження гідроізоляційних екранів вимагають продовження досліджень широкого асортименту матеріалів і відповідно створення нормативних документів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Алексеев, С. И., Иванов, Ф. М., & Модры, С. (1990). *Долговечность железобетона в агрессивных средах*. Совм. изд. СССР – ЧССР – ФРГ. Москва: Стройиздат, 320.
- Гарески, М., & Назаревич, Б. Л. (1999). Спецификация аппликационных свойств системы РСС и указания по их применению. *Диагностика, довговічність та регенерація мостів і будівельних конструкцій із застосуванням сучасних технологій та матеріалів*, 1, 18-34.
- Глагола, І. І., Лучко, Й. Й., & Назаревич, Б. Л. (2002). Про причини корозійного руйнування залізобетонних конструкцій та рекомендації по їх захисту. Проблеми корозії та проти корозійного захисту. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. Львів: НАН України, ФМІ ім. Г. В. Карпенка, 3(1), 227-229.
- Звіт на тему (2006): Обстеження конструкції басейну будівлі готелю «Прикарпаття» в м. Трускавці і розробка технічної документації щодо подальшої безпечної експлуатації. Львів: НДЛ-19, НУ «Львівська політехніка», 230.
- Карапузов, Є. К. (2012). *Гідроізоляція*. Київ: Вища освіта, 276.
- Коваленко, О. В. (2020). Сучасні гідроізоляційні матеріали на цементній основі для захисту гідротехнічних споруд. *Меліорація і водне господарство*, 1, 175-185.
- Лучко, Й. Й., Глагола, І. І., & Назаревич, Б. Л. (1999). *Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд* / НАН України, ФМІ ім. Г. В. Карпенка, 229.
- Лучко, І. І., Іваник, І. І., Назаревич, Б. Л., & Бартосик, Т. (2006). Капітальний ремонт басейна гостиници „Rixos”, расположенной в г. Трускавец, Львовской обл. *Materiały konferencji naukowej "Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych"*. Poznań, 27–28 listopada 2006 г. – S. 20.
- Лучко, І. І., Іваник, І. Г., Назаревич, Б. Л., & Бартосик, Т. (2007). Капітальний ремонт басейна гостиници "Rixos" расположенной в г. Трускавец, Львовской обл. *Praca zbiorowa pod redakcją. Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych*. Wrocław: Dolnoslaskie Wydawnictwo Edukacyjne. 193-200.
- Лучко, Й. Й., & Назаревич, Б. Л. (2009). Рекомендації з влаштування горизонтальної гідроізоляції у будівлях старої забудови. 67.
- Лучко, Й. Й., Назаревич, Б. Л., & Гайда, О. М. (2012). Влаштування гідроізоляції з профільованого поліетилену під час капітального ремонту підземної споруди. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*, 9, 238-245.
- Лучко, Й. Й., Назаревич, Б. Г., & Гашук, Ю. М. (2024). Основні характеристики відкритих нових басейнів та обстеження тривалої експлуатації. *Вісник ЛНУП. Архітектура і сільськогосподарське будівництво*, 1, 18-25.
- Лучко, Й. Й., Назаревич, Б. Л., & Глагола І. І. (2000). Основні системи та технології по захисту бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії і вказівки по їх використанню. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*. Львів: Каменярь, 4, 462-475.
- Лучко, Й. Й., Назаревич, В. Б., & Назаревич, Б. Л. (2008). Дослідження сакральних архітектурних пам'яток. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 31, 212-225.
- Лучко, Й. Й., Назаревич, Б. Л., & Чечін, В. В. (2019). Щодо методики влаштування мембранної гідроізоляції ін'єкційними методами підземних споруд. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 75, 141-150.
- Лучко, Й. Й., & Парнета, Б. З. (2006). Дослідження конструкцій басейну готелю «Прикарпаття» та пропозиції відновлення експлуатаційних характеристик споруди. *Диагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій*, 8, 59-69.
- Лучко, Й. Й., & Парнета, Б. З. (2009). Технологія влаштування гідроізоляційних та ремонтно-відновлювальних робіт для захисту бетонних та залізобетонних конструкцій. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 6, 64-73.
- Лучко, Й. Й., & Парнета, Б. З. (2010). Довготривалі дослідження зволоженості та засоленості бетонних зразків *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*, 20, 75-81.
- Лучко, Й. Й., & Парнета, Б. З. (2014). Адгезія захисних покриттів та методи її дослідження. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*, 29, 236-245
- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. З., & Гайда, О. М. (2009). Рекомендації з влаштування гідроізоляції бетонних та залізобетонних конструкцій. 36.
- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. З., & Назаревич, Б. Л. (2006). Технологія влаштування горизонтальної гідроізоляції в цегляних та бетонних стінах. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 23, 177-182

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. З., & Назаревич, Б. Л. (2016). Методи захисту від корозії залізобетонних конструкцій і споруд. МОН України, Дніпропетровський нац. ун-т ім. акад. В. Лазаряна, 415.
- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. З., & Пенцак, А. Я. (2018). Особливості влаштування ін'єкційної гідроізоляції підземних паркінгів. *Тези міжнародної конференції: «Структурування, міцність та руйнування композиційних будівельних матеріалів і конструкцій»*, 96-99.
- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. З., & Пенцак, А. Я. (2018). Дослідження технології ін'єкційної гідроізоляції підземних споруд. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 71, 113-119.
- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. В., Пенцак, А. Я., & Петренко, О. В. (2019). Дослідження адгезії полімерцементного матеріалу при відновленні гідроізоляції басейну. *III Міжнародна конференція "Експлуатація та реконструкція будівель і споруд": збірник тез доповідей*, 93.
- Лучко, Й. Й., Парнета, Б. В., Пенцак, А. Я., & Петренко, О. В. (2019). Адгезійна міцність полімерцементного матеріалу при влаштуванні гідроізоляції басейну. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*, 76, 93-102.
- Маруха, В. І. (2009). Механіка руйнування та міцність матеріалів: Довідн. посібник. *Ін'єкційні технології відновлення роботоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації*, (12), 262.
- Назаревич, Б. Л. (2004). Проблеми, пов'язані з влаштуванням горизонтальних гідроізоляцій при реставрації заводжених об'єктів. *Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій*, 6, 97-108.
- Назаревич, Б. Л. (2005). Влаштування горизонтальних гідроізоляцій при вирішенні проблем, пов'язаних з реставрацією. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*, 6, 527-535.
- Назаревич, Б. Л., & Лучко, Й. Й. (2006). Технологія влаштування горизонтальної гідроізоляції. *Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій*, 8, 95-105.
- Назаревич, Б. Л., & Лучко, Й. Й. (2009). Технологія влаштування горизонтальної гідроізоляції в будівлях старої забудови. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 6, 77-89.
- Назаревич, Б. Л., & Лучко, Й. Й. (2014). Основні помилки під час проектування, виконання та експлуатації горизонтальних гідроізоляцій в старій забудові. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*, 10, 281-291.
- Парнета, Б. З., & Лучко, Й. Й. (2014). Дослідження міцності адгезії вологих та засолених залізобетонних конструкцій. *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*, 10, 496-509.
- Сергєєва, А. М. (2023). Гідроізоляція в будівельних конструкціях. *Проблеми надійності та міцності машин і споруд: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 11-12 травня 2023 р.*, 147.

J. J. LUCHKO¹, Y. M. HASHCHUK²

¹Department of Building Structures, Lviv National Environmental University, V. Velykoho Street, 1, Dublyany, Ukraine, 80381, tel. +38 (097) 033 18 36, e-mail lychko.diit@gmail.com, ORCID 0000-0002-3675-0503

²Department of Building Structures, Lviv National Environmental University, V. Velykoho Street, 1, Dublyany, Ukraine, 80381, tel. +38 (097) 665 26 80, e-mail yura_034@ukr.net, ORCID:0000-0003-1438-495X

WATERPROOFING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BUILDINGS AND STRUCTURES

Purpose. The purpose of the paper is to summarize the results of waterproofing, in particular, the mechanisms of the main factors of waterlogging and salinization, evaluate waterlogging and salinization and suggest ways to extend the resource, develop the technology to restore the operational characteristics of reinforced concrete structures of buildings and structures. **Methodology.** A review of scientific and technical sources, field studies, and regulatory documents on the technical condition of waterproofing, waterlogging, and salinization of reinforced concrete structures in buildings and structures in Ukraine was conducted to achieve this goal. The results of the analysis and synthesis of research became the basis to establish relevant waterproofing errors during design, identifying defects and shortcomings in construction and shortcomings in the long-term operation of reinforced concrete structures of buildings and structures. **Findings.** The analysis of domestic and foreign scientific and technical sources on the technical condition of waterproofing on old and newly built reinforced concrete structures of buildings and structures is carried out. The analysis and synthesis of problems of ensuring the reliability and durability of reinforced concrete structures of buildings and structures in their operation in air, ground and water environments is carried

out. In particular, the analysis of the reasons for the failure of waterproofing systems is carried out, and the main factors – waterlogging and salinity that affect the creation of reliable waterproofing are identified. **Scientific novelty.** In this paper, based on the analysis and synthesis of scientific and technical sources and many studies of waterproofing of reinforced concrete structures of real objects of buildings and structures during construction and long-term operation, data on waterproofing and processes that significantly affect the degradation of structures are summarized, and conclusions are formulated regarding reliable waterproofing and protection and restoration of such structures. **Practical significance.** Based on the obtained generalized data on waterproofing, the conclusions present proposals to ensure reliable waterproofing of load-bearing reinforced concrete structures that are operated in moistened and saline-aggressive environments. The method of technical diagnostics and elimination of shortcomings in waterproofing and reinforcement of reinforced concrete structures, which makes it possible to increase the reliability and resources of these structures, has been developed.

Keywords: reinforced concrete, structures, walls, waterproofing, waterlogging, salinization, degradation.

REFERENCES

- Alekseev, S. I., Ivanov, F. M., & Modry, S. (1990). *Durability of reinforced concrete in aggressive environments*. Joint ed. USSR – Czechoslovakia – Germany. Moscow: Stroyizdat, 320. (in Russian)
- Garesky, M., & Nazarevich, B. L. (1999). Specification of application properties of the PCC system and instructions for their use. *Diahnostyka, dovhovichnist ta reheneratsiia mostiv i budivelnnykh konstruksii iz zastosuvanniam suchasnykh tekhnolohii ta materialiv*, 1, 18-34. (in Russian)
- Hlahola, I. I., Luchko, Y. Y., & Nazarevych, B. L. (2002). Pro prychny korozii ruinuвання zalizobetonnykh konstruksii ta rekomendatsii po yikh zakhystu. Problemy korozii ta proty korozii zakhystu. *Fyzyko-khimichna mekhanika materialiv*. Lviv: NAN Ukrainy, FMI im. H. V. Karpenka, 3(1), 227-229. (in Ukrainian)
- Zvit na temu (2006): Obstezhennia konstruksii baseinu budivli hoteliu «Prykarpattia» v m. Truskavtsi i rozrobka tekhnichnoi dokumentatsii shchodo podalshoi bezpechnoi ekspluatatsii. Lviv: NDL-19, NU «Lvivska politekhnika», 230. (in Ukrainian)
- Karapuzov, Ye. K. (2012). *Hidroizoliatsiia*. Kyiv: Vyscha osvita, 276. (in Ukrainian)
- Kovalenko, O. V. (2020). Suchasni hidroizoliatsiini materialy na tsementnii osnovi dlia zakhystu hidrotekhnichnykh sporud. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 1, 175-185. (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., Hlahola, I. I., & Nazarevych, B. L. (1999). *Metody pidvyshchennia koroziiinoi stiikosti ta dovhovichnosti betonnykh ta zalizobetonnykh konstruksii i sporud* / NAN Ukrainy, FMI im. H. V. Karpenka, 229. (in Ukrainian)
- Luchko, I. I., Ivanik, I. I., Nazarevich, B. L., & Bartosik, T. (2006). Major renovation of the swimming pool of the Rixos hotel, located in Truskavets, Lviv region. *Materiały konferencji naukowej "Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych"*. Poznań, 27–28 listopada 2006 r. – S. 20. (in Russian)
- Luchko, I. I., Ivanik, I. G., Nazarevich, B. L., & Bartosik, T. (2007). Major renovation of the swimming pool of the hotel "Rixos" located in Truskavets, Lviv region. *Praca zbiorowa pod redakcją. Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych*. Wrocław: Dolnoslaskie Wydawnictwo Edukacyjne. 193-200. (in Russian)
- Luchko, Y. Y., & Nazarevych, B. L. (2009). Rekomendatsii z vlashtuvannia horizontalnoi hidroizoliatsii u budivliakh staroi zabudovy. 67. (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., Nazarevych, B. L., & Haida, O. M. (2012). Vlashtuvannia hidroizoliatsii z profilovanoho polietylenu pid chas kapitalnogo remontu pidzemnoi sporudy. *Mekhanika i fizyka ruinuвання budivelnnykh materialiv ta konstruksii*, 9, 238-245. (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., Nazarevych, B. H., & Hashchuk, Yu. M. (2024). Osnovni kharakterystyky vidkrytykh novykh baseiniv ta obstezhennia tryvaloї ekspluatatsii. *Visnyk LNUP. Arkhitektura i silskohospodarske budivnytstvo*, 1, 18-25. (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., Nazarevych B. L., & Hlahola I. I. (2000). Osnovni systemy ta tekhnolohii po zakhystu betonnykh i zalizobetonnykh konstruksii vid korozii i vkazivky po yikh vykorystannia. *Mekhanika i fizyka ruinuвання budivelnnykh materialiv ta konstruksii*. Lviv: Kameniar, 4, 462-475. (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., Nazarevych, V. B., & Nazarevych, B. L. (2008). Doslidzhennia sakralnykh arkhitekturnykh pamiatok. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 31, 212-225 (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., Nazarevych, B. L., & Chechin, V. V. (2019). Shchodo metody vlashtuvannia membrannoї hidroizoliatsii inieksiinymy metodamy pidzemnykh sporud. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 75, 141-150. (in Ukrainian)
- Luchko, Y. Y., & Parneta, B. Z. (2006). Doslidzhennia konstruksii baseinu hoteliu «Prykarpattia» ta propozytsii vidnovlennia ekspluatatsiinykh kharakterystyk sporudy. *Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruksii mostiv ta*

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

budivelnikh konstruksii, 8, 59-69. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., & Parneta, B. Z. (2009). Tekhnolohiia vlashtuvannia hidroizoliatsiinykh ta remontno-vidnovliuvalnykh robot dlia zakhystu betonnykh ta zalizobetonnykh konstruksii. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi*, 6, 64-73. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., & Parneta, B. Z. (2010). Dovhotryvali doslidzhennia zvolozhenosti ta zasolenosti betonnykh zrazkiv *Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy*, 20, 75-81. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., & Parneta, B. Z. (2014). Adheziia zakhysnykh pokryttiv ta metody yii doslidzhennia. *Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy*, 29, 236-245. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. Z., & Haida, O. M. (2009). Rekomendatsii z vlashtuvannia hidroizoliatsii betonnykh ta zalizobetonnykh konstruksii. 36. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. Z., & Nazarevych, B. L. (2006). Tekhnolohiia vlashtuvannia horyzontalnoi hidroizoliatsii v tshlianykh ta betonnykh stinakh. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 23, 177-182. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. Z., & Nazarevych, B. L. (2016). *Metody zakhystu vid korozii zalizobetonnykh konstruksii i sporud*. MON Ukrainy, Dnipropetrovskiy nats.. un-t im.. akad.. V. Lazariana, 415. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. Z., & Pentsak, A. Ya. (2018). Osoblyvosti vlashtuvannia inieksiinoi hidroizoliatsii pidzemnykh parkinhiv. *Tezy mizhnarodnoi konferentsii: «Strukturoutvorennia, mitsnist ta ruinovannia kompozytsiinykh budivelnikh materialiv i konstruksii»*, 96-99. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. Z., & Pentsak, A. Ya. (2018). Doslidzhennia tekhnolohii inieksiinoi hidroizoliatsii pidzemnykh sporud. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 71, 113-119. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. V., Pentsak, A. Ya., & Petrenko, O. V. (2019). Doslidzhennia adhezii polimertsementnoho materialu pry vidnovlenni hidroizoliatsii baseinu. *III Mizhnarodna konferentsiia "Ekspluatatsiia ta rekons-truktiia budivel i sporud": zbirnyk tez dopovidei*, 93. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., Parneta, B. V., Pentsak, A. Ya., & Petrenko, O. V. (2019). Adheziina mitsnist polimertsementnoho materialu pry vlashtuvanni hidroizoliatsii baseinu. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*, 76, 93-102. (in Ukrainian)

Marukha, V. I. (2009). Mekhanika ruinovannia ta mitsnist materialiv: Dovidn. posibnyk. *Inieksiini tekhnolohii vidnovlennia robotozdatnosti poshkodzhennykh sporud tryvaloi ekspluatatsii*, (12), 262. (in Ukrainian)

Nazarevych, B. L. (2004). Problemy, poviazani z vlashtuvanniam horyzontalnykh hidroizoliatsii pry restavratsii zavolozhenykh obiektiv. *Diahnostyka. dovhovichnist ta rekonstruksiia mostiv i budivelnikh konstruksii*, 6, 97-108. (in Ukrainian)

Nazarevych, B. L. (2005). Vlashtuvannia horyzontalnykh hidroizoliatsii pry vyrishenni problem, poviazanykh z restavratsiieiu. *Mekhanika i fizyka ruinovannia budivelnikh materialiv ta konstruksii*, 6, 527-535. (in Ukrainian)

Nazarevych, B. L., & Luchko, Y. Y. (2006). Tekhnolohiia vlashtuvannia horyzontalnoi hidroizoliatsii. *Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruksiia mostiv ta budivelnikh konstruksii*, 8, 95-105. (in Ukrainian)

Nazarevych, B. L., & Luchko, Y. Y. (2009). Tekhnolohiia vlashtuvannia horyzontalnoi hidroizoliatsii v budivliakh staroi zabudovy. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi*, 6, 77-89. (in Ukrainian)

Nazarevych, B. L., & Luchko, Y. Y. (2014). Osnovni pomylyky pid chas proektuvannia, vykonannia ta ekspluatatsii horyzontalnykh hidroizoliatsii v starii zabudovi. *Mekhanika i fizyka ruinovannia budivelnikh materialiv ta konstruksii*, 10, 281-291. (in Ukrainian)

Parneta, B. Z., & Luchko, Y. Y. (2014). Doslidzhennia mitsnosti adhezii volohykh ta zasolenykh zalizobetonnykh konstruksii. *Mekhanika i fizyka ruinovannia budivelnikh materialiv ta konstruksii*, 10, 496-509. (in Ukrainian)

Serhieieva, A. M. (2023). Hidroizoliatsiia v budivelnikh konstruksiiakh. *Problemy nadiinosti ta mitsnosti mashyn i sporud: materialy Vseukrainskoi naukovy-praktychnoi konferentsii*, 11-12 travnia 2023 r, 147. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 25.09.2024.

Прийнята до друку 03.10.2024.