

УДК 699.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2026.40.21>

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ В БУДІВНИЦТВІ ЗАХИСНИХ СПОРУД

Скребнева Світлана Миколаївна

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри будівництва та цивільної інженерії,

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,

e-mail: 3879643@npp.kai.edu.ua, orcid: 0000-0003-4082-5181

Анотація. У статті розглянуто сучасні інноваційні технології гідроізоляції, що застосовуються у будівництві захисних споруд. Зростання обсягів зведення підземних і заглиблених споруд показало необхідність використання багатоступеневих систем гідроізоляції для забезпечення надійності та довговічності будівельних конструкцій. Проаналізовано світовий досвід проектування та впровадження гідроізоляційних систем, класифіковано основні підходи та матеріали, визначено переваги та обмеження різних технологій.

Метою статті є систематизація наукових досліджень і практичних рішень у сфері інноваційних технологій гідроізоляції захисних споруд, а також визначення основних тенденцій їх розвитку в сучасному будівництві.

Методологія базується на використанні загально-наукових методів, таких як аналіз, систематизація, узагальнення, порівняння. Емпіричною базою для проведення наукової роботи став дистанційний аналіз об'єктів: наукових публікацій та статей.

Результати. У результаті проведеного аналізу наукових джерел узагальнено сучасні підходи до гідроізоляції захисних споруд, визначено основні групи інноваційних технологій та окреслено напрями їх застосування залежно від конструктивних і експлуатаційних умов.

Наукова новизна роботи полягає в систематизації та узагальненні сучасних інноваційних технологій гідроізоляції, що застосовуються у будівництві захисних споруд, з урахуванням їх конструктивних та експлуатаційних особливостей.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання узагальнених результатів дослідження під час проектування та вибору інноваційних технологій гідроізоляції захисних споруд. Результати статті можуть бути використані фахівцями проектних і будівельних організацій для обґрунтованого вибору гідроізоляційних матеріалів і технологій у процесі зведення та реконструкції захисних споруд.

Ключові слова: інноваційні технології гідроізоляції, захисні споруди, багатоступенева гідроізоляція, довговічність конструкцій, композитні гідроізоляційні системи гідроізоляції, мембранні системи.

ВСТУП

Інноваційні технології гідроізоляції відіграють критичну роль у будівництві захисних споруд, таких як сховища, укриття, бункери, підземні паркінги та інженерні об'єкти,

особливо в умовах високого рівня ґрунтових вод, агресивного середовища та підвищених вимог до довговічності й безпеки конструкцій. Надійна гідроізоляція забезпечує збереження експлуатаційних характеристик будівель,

запобігає руйнуванню бетону та арматури, а також створює умови для безпечного перебування людей під час надзвичайних ситуацій, включаючи природні катастрофи, техногенні аварії, воєнні дії або терористичні акти.

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту», захисні споруди та споруди подвійного призначення (СПП) повинні проектуватися та будуватися так, щоб протягом двох діб забезпечувати належні умови для перебування людей та мінімізувати або усунути вплив небезпечних чинників [6; 7; 8]. Ці вимоги підкреслюють необхідність комплексного підходу до проектування гідроізоляційних систем, що враховує не лише властивості матеріалів, а й умови експлуатації споруд у різних геологічних та кліматичних зонах.

Сучасний будівельний ринок пропонує широкий спектр захисних споруд, призначених для забезпечення безпеки населення під час воєнних дій або надзвичайних ситуацій. Кожен тип укриття має свої конструктивні особливості, переваги та обмеження, а вибір оптимальної конструкції залежить від конкретних умов, обсягів будівництва та технічних вимог. Основними матеріалами для зведення таких споруд залишаються бетон і залізобетон, які мають пористу макроструктуру та потребують надійної гідроізоляції для забезпечення довговічності та стійкості до впливу вологи, ґрунтових вод і агресивного середовища. Сучасні вимоги до захисних споруд в Україні включають застосування подвійної або потрійної системи гідроізоляції, стійкості до тріщиноутворення під дією вибухових хвиль, ремонтпридатності без виведення споруди з експлуатації, а також сумісність із технологіями швидкого будівництва, такими як prefabricated або монолітні конструкції [5; 8; 9]. При цьому особливу увагу приділяють поєднанню високих експлуатаційних характеристик з економічною ефективністю, адже вибір гідроізоляційної системи не повинен ґрунтуватися лише на її вартості, а передусім на технічних параметрах і прогнозованій довговічності.

З огляду на зазначене, вивчення сучасних інноваційних технологій гідроізоляції, їх класифікація та оцінка ефективності у різних умовах експлуатації є актуальною науково-практичною проблемою. Узагальнення досвіду застосування інноваційних матеріалів і технологій дозволяє підвищити надійність і безпеку захисних споруд, а також обґрунтовано обирати оптимальні конструктивні та технологічні рішення при їх проектуванні та будівництві [1; 3; 14; 16; 21].

В українській будівельній практиці дуже часто спостерігається орієнтація на найнижчу ціну при виборі гідроізоляційних систем, що відбувається на шкоду їх технічним показникам, відповідності вимогам нормативної документації та довговічності. Водночас ігнорується той факт, що підвищена вартість сучасних гідроізоляційних систем зазвичай відповідає їх вищому рівню експлуатаційних характеристик.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз світового досвіду проектування і влаштування гідроізоляції показує актуальність проблеми. Європейські країни, США, Канада мають досвід виготовлення і влаштування супернадійних систем гідроізоляції, і головне методи контролю якості виконаного гідроізоляційного покриття. У країнах Європи та Північної Америки широко застосовують мембранні покриття (PVC, TPO, HDPE), проникаючі та кристалічні матеріали, а також наномодифіковані полімери, що підвищують стійкість до вологи, агресивного середовища та механічних навантажень. В Німеччині та Швейцарії підземні споруди проектують із врахуванням високого рівня ґрунтових вод і хімічної агресивності ґрунту, застосовуючи водонепроникний бетон у поєднанні з комбінованими системами гідроізоляції, що гарантують експлуатаційну надійність понад 50 років.

Міжнародний досвід підтверджує ефективність багатоступеневих та інноваційних систем гідроізоляції, що враховують конкретні умови експлуатації та підвищені вимоги до довговічності, безпеки та ремонтпридатності захисних споруд [2; 11; 14].

Для забезпечення надійності та довговічності підземних і заглиблених споруд критично важливим є комплексний підхід, який передбачає: оцінку фізико-механічних характеристик сучасних гідроізоляційних матеріалів; порівняння їх ефективності у різних експлуатаційних умовах (рівень ґрунтових вод, агресивність середовища, вибухові та механічні навантаження); вибір оптимальних систем гідроізоляції для конкретних типів конструкцій; розробку рекомендацій щодо застосування інноваційних технологій у практичному будівництві.

При розробленні конструктивних рішень технології влаштування гідроізоляції сформульовано наступні правила проектування:

- гідроізоляція підземної частини будівель повинна являти собою безперервний водонепроникний контур;

- в залежності від ступеня надійності слід розрізняти три типи гідроізоляції:

1) об'ємна гідроізоляція конструкції; 2) «поверхнева гідроізоляція»; 3) «приповерхнева гідроізоляція»;

– гідроізоляцію заглиблених тунелів доцільно розміщувати в районі нейтральної зони поперечного перерізу;

– розміщення вільної порожнистої поверхні поруч з гідроізоляцією для підкачки гідроізоляційного компонента під час тривалого терміну експлуатації і підвищення герметичності;

– для заглиблених підземних частин будівель ефективним буде таке конструктивне рішення гідроізоляції підвищеної надійності: об'ємна гідроізоляція конструкції + поверхнева гідроізоляція [2].

Огляд сучасних і перспективних технологій гідроізоляції, актуальних для українських реалій, виглядає наступним чином:

– проникаюча гідроізоляція (Penetron-системи)

– ПВХ (полівінілхлоридні) та ТПО (термопластичні поліолефіни) мембрани;

– бентонітові мати (геосинтетика);

– рідка гума та поліуретанові покриття;

– ін'єкційна гідроізоляція (для тріщин і стиків).

Проникаюча (кристалізаційна) гідроізоляція. Принцип дії – активні хімічні сполуки проникають у пори бетону (до 15–25 см) і реагують з вологою, та утворюють нерозчинні кристали, які блокують капіляри. Переваги такої гідроізоляції полягають у наступному: працює по всій товщині бетону; самозаліковування мікротріщин (до 0,4 мм); не боїться механічних пошкоджень; довговічність цього типу гідроізоляції дорівнює строку служби бетону. Застосовується проникаюча гідроізоляція при зведенні монолітних залізобетонних укриттів, влаштуванні фундаментів захисних споруд, резервуарів і тунелів. Приклади: Penetron, Ceresit CR 90, Teknomer 100, Neotex Neopress Crystal [14; 16; 21].

Мембранні системи нового покоління. До цього типу гідроізоляції відносять два види:

– полімерні та ТПО/HDPE мембрани, які мають велику еластичність, стійкість до агресивних середовищ і зварюються гарячим повітрям, утворюючи герметичні шви;

– самоклеючі мембрани з активним шаром, що хімічно зв'язується з бетоном і не допускають підпльової міграції води.

Мембранні системи особливо ефективні для підземних споруд із високим гідростатичним тиском [11; 12; 14; 16; 21].

Ін'єкційні гідроізоляційні технології. Суть технології полягає у нагнітанні поліуретанових, акрилатних, епоксидних смол або

цементних сумішей під тиском безпосередньо в структуру бетону, цегли або тріщини. Технологія дозволяє створювати водонепроникний еластичний бар'єр у товщі матеріалу та ґрунті, усуваючи активні протікання, капілярну вологу та зміцнюючи старі фундаменти без відкопування. Сучасними ін'єкційними гідроізоляційними матеріалам є високотехнологічні поліуретанові смоли (піни та гелі), акрилатні гелі, мікроцементи та епоксидні склади, що вводяться під тиском у тріщини, шви або порожнини конструкцій для створення водонепроникного бар'єра. Вони забезпечують довговічний захист (наприклад, KRYN INJECT або Penetron) без необхідності розкопування фундаментів. Інноваційні рішення на сьогодні:

– поліуретанові смоли та піни (1-K та 2-K), найкращі для зупинки активних протікань, при контакт з водою розширюються (до 4000%), заповнюючи тріщини та створюючи еластичну структуру;

– акрилатні гелі, що мають наднизьку в'язкість, проникають у найменші пори бетону та ґрунт, утворюючи гелеподібний бар'єр, ідеальні для відсічної гідроізоляції;

– епоксидні ін'єкційні склади використовуються для конструкційного ремонту тріщин, забезпечуючи високу міцність на стиск;

– мікроцементи: це спеціальні цементні суміші з дуже дрібним помелом для ін'єктування тріщин та зміцнення фундаментів;

– гідрофобізатори: матеріали для ін'єкційної відсічки капілярної вологи в цегляних та кам'яних кладках. Використовують такий тип гідроізоляції для аварійного усунення протікань, герметизації холодних швів та відновлення старих укриттів.

Напилювана гідроізоляція (полісечовина, PU) – це сучасний, високотехнологічний метод створення безшовної, еластичної мембрани (часто з рідкої гуми), що наноситься методом холодного розпилення на поверхні будь-якої складності. Вона забезпечує монолітний захист від вологи, високу адгезію до бетону, металу та руберойду, захищаючи фундаменти, дахи, водойми та підвали від тріщин і тиску води. Переваги використання: безшовне покриття, надшвидке твердіння (секунди), висока тріщиностійкість, що важливо стійкість до вибухових навантажень і вібрацій. Актуально застосовувати при зведенні військових і цивільних захисних споруд; також для перекриттів, куполів, складних форм.

Бентонітові системи (GCL-матеріали). Основу системи складає натрієвий бентоніт, який при контакт з водою набухає та створює водонепроникний гель. Перевагами бентонітових систем є самогерметизація, ефективність

при постійному зволоженні і простий монтаж. Обмеження у застосуванні це чутливість до солоні води, потребує притискного шару [10; 18; 20].

МЕТА

Проаналізувати головні переваги та недоліки технологій гідроізоляції захисних споруд, визначити основні тенденції їх розвитку в сучасному будівництві.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В Україні збільшується кількість заглиблених підземних споруд, в тому числі захисних споруд цивільного захисту. Низька якість виконання гідроізоляції при проектуванні таких споруд призводить до проблем при експлуатації. Тому влаштування надійної гідроізоляції є актуальним питанням при застосуванні інноваційних методів [1; 2; 3; 13].

На сьогодні в нашій країні з урахуванням високих ґрунтових вод, старого фонду укриттів та обмежених бюджетів найефективнішими комбінаціями гідроізоляції для старих укриттів є поєднання ін'єкційної і проникаючої гідроізоляції. Для нового будівництва влаштовують HDPE мембрани, бентоніт і дренаж. Відповідальні об'єкти, зокрема зони санітарної охорони (ЗСО) та резервуари, гідроізольють геомембранами з обов'язковою перевіркою їхньої герметичності. Нижче наведено порівняльну таблицю (табл. 1) основних інноваційних технологій гідроізоляції для захисних споруд з урахуванням практики, актуальної для України (підземні укриття, сховища, ЗСО).

На сьогодні використання «розумних» та композитних гідроізоляційних систем є інноваційним.

Сенсори вологості всередині конструкційних матеріалів (бетон, цегла, деревина) – це спеціалізовані цифрові, ємнісні або резистивні датчики, що вбудовуються для

постійного моніторингу внутрішньої вологості. Вони запобігають руйнуванню, виявляючи приховані протікання або накопичення конденсату, що критично для контролю якості та запобігання плісняві. Типи та особливості сенсорів наступні:

Мікрохвильові датчики (наприклад, Hydro-Probe) забезпечують високоточне вимірювання в реальному часі, часто використовуються для моніторингу процесів у промисловості або при застиганні бетону. У датчику Hydro-Probe вперше знайшов застосування метод цифрового мікрохвильового вимірювання вологості, також передбачено вбудовану обробку сигналу і лінійний вихід (аналоговий і цифровий), легко під'єднується до будь-якої системи керування. До типових сфер застосування належить вимірювання вологості піску, цементу, бетону, асфальту та заповнювачів (рис. 1, а).

Ємнісні датчики вологості (RH): стійкі до конденсату, працюють у широкому діапазоні та ефективні для довгострокового вбудованого моніторингу.

Вимірюють зміни діелектричної проникності гігроскопічного діелектрика (полімеру або оксиду металу), розміщеного між двома електродами, при поглинанні вологи з повітря.

Резистивні датчики використовують електропровідність, підходять для визначення вологості в пористих матеріалах. Діапазон вимірювання вологості: 20–95% RH ; діапазон температур: 0-60°C ; Точність: ±5% RH.



Рис. 1. а) мікрохвильовий датчик Hydro-Probe [15]; б) резистивний датчик [17]

Таблиця 1

Характеристика інноваційних технологій гідроізоляції захисних споруд

№	Технологія	Принцип дії	Орієнтовна вартість	Термін служби	Переваги	Недоліки	Доцільність застосування
1.	Проникаюча (кристалізаційна)	Хімічна кристалізація в порах бетону	Низька середня	Більше 50 років	Самозаліковування, довговічність, простота влаштування	Не перебиває активні тріщини	Монолітні сховища
2.	Полімерні та ТПО/HDPE мембрани	Бар'єрний шар	Середня	30–50 років	Висока водонепроникність	Ризик пошкодження	Підземні сховища
3.	Активні самоклеючі мембрани	Хімічне з'єднання з бетоном	Середня висока	40–60 років	Відсутність плівкової міграції	Вища вартість	Об'єкти інфраструктури

Застосування: Моніторинг вологості будівельних конструкцій (бетон, стіни) для уникнення руйнування, контроль сушіння деревини або виробничих матеріалів, автоматизація систем вентиляції та осушення (рис. 1, б).

Такі прилади часто підключаються до автоматизованих систем, які активують вентиляцію або сигналізацію при перевищенні заданого рівня вологості.

Запропоновані рішення дають змогу здійснювати моніторинг стану гідроізоляції в режимі реального часу, що є вкрай важливим для споруд цивільного захисту.

Багат шарові системи гідроізоляції поєднують мембранну, проникаючу та ін'єкційну гідроізоляції, що дозволяє створити надійний захист навіть у випадку часткового пошкодження окремого шару. Будівельна галузь дедалі частіше орієнтується на оптимізацію технологій за умови збереження високих експлуатаційних вимог.

Система працює за принципом «декілька бар'єрів», а саме мембрана забезпечує зовнішній захист, проникаюча гідроізоляція блокує воду всередині бетону, ін'єкційна гідроізоляція герметизує локальні дефекти (рис. 2). Навіть у разі пошкодження одного шару інші забезпечують ефективний захист. Багат шарові системи доцільно використовувати в підземних частинах будівель, підземних паркінгах, тунелях, гідротехнічних спорудах, захисних спорудах спеціального призначення. Для досягнення максимальної ефективності система має проектуватися комплексно, з урахуванням швів бетонування, введів комунікацій та деформаційних швів, з обов'язковим контролем якості виконання.

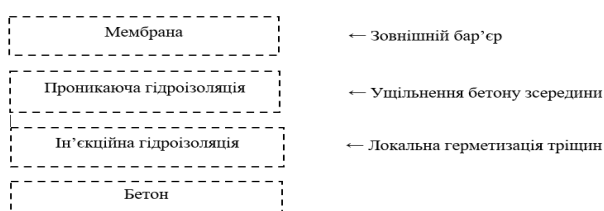


Рис. 2. Схема багат шарової системи гідроізоляції

Одним із яскравих прикладів такого підходу стали багатофункціональні мембрани, що поєднують у собі властивості гідроізоляції, пароізоляції та повітряної ізоляції. Багатофункціональна мембрана це багат шаровий рулонний матеріал на основі полімерів, кожен шар виконує чітко визначене завдання. Внутрішня структура розрахована на контроль руху водяної пари, зовнішній шар захищає від вологи та вітрових навантажень, а армуючі

елементи забезпечують стабільність форми під час монтажу. На відміну від класичних плівок, такі мембрани працюють комплексно. Вони не просто перекривають шлях воді чи повітрю, а регулюють мікроклімат усередині будівельної конструкції. Матеріал не пропускає атмосферні опади, конденсат і талу воду, запобігаючи зволоженню утеплювача та несучих елементів. Водночас мембрана зберігає еластичність навіть за низьких температур, що знижує ризик розривів у складних кліматичних умовах. Гідроізоляційний шар працює як бар'єр, який блокує пряме проникнення вологи ззовні, що особливо актуально для покровельних систем, де матеріал постійно зазнає впливу дощу та снігу. Багатофункціональні мембрани розв'язують це завдання за рахунок селективної проникності, перешкоджаючи неконтрольованому проникненню пари в конструкцію, водночас дозволяючи надлишковій вологості виходити назовні в допустимих обсягах (рис. 3).



а

б

Рис. 3. а) гідроізоляція фундаменту; б) гідроізоляція цокольного поверху [4]

Мембрани EPDM – найміцніший матеріал у порівнянні з іншими варіантами гідроізоляції (рис. 4). Термін служби, при правильному монтажі, становить до 50 років, що з урахуванням трудомісткості та великого обсягу земляних робіт є дуже важливим фактором при виборі варіанта гідроізоляції підвалу.



Рис. 4. Гідроізоляція фундаменту мембраною EPDM [4]

Гідроізоляційні матеріали з пам'яттю форми (Shape Memory Polymers/Alloys) – це інноваційні «розумні» матеріали, здатні відновлювати початкову форму та герметизувати тріщини після деформації під дією тепла

або іншого впливу. Вони забезпечують довготривалу, еластичну та надійну гідроізоляцію конструкцій, адаптуючись до змін у будівлях. Матеріал монтується у стиснутому (деформованому) стані, а при нагріванні повертає свою початкову форму, щільно заповнюючи порожнини, тріщини або шви, забезпечуючи максимальну герметичність. Використовуються для створення герметичних з'єднань, ремонту тріщин у бетоні, гідроізоляції труб, а також у місцях, де звичайна ізоляція нестійка до вібрацій чи рухів конструкцій. Найчастіше це спеціальні полімери, які мають «запам'ятовану» геометрію, зафіксовану під час виробництва.

Такі наведені матеріали є прикладом «розумних» технологій, що здатні адаптуватися до умов експлуатації, перевершуючи традиційні жорсткі або еластичні покриття [14; 16; 21].

ВИСНОВКИ

Результати аналізу міжнародного досвіду проектування гідроізоляційних систем і сучасних тенденцій розвитку підземного будівництва підтверджують доцільність удосконалення методик проектування з орієнтацією на багатоступеневі системи гідроізоляції заглиблених конструкцій. Найефективніший спосіб влаштування гідроізоляції – комбінування інноваційних технологій: проникаючої гідроізоляції, мембранної системи та ін'єкційний захист вузлів. Це забезпечує максимальну надійність, довговічність і безпеку захисних споруд в умовах сучасних ризиків.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Гармаш О. І. Основні ризики при проектуванні і виконанні гідроізоляції підземних частин будинків і споруд. *Будівельне виробництво*, 2019. Вип. 65. С. 19–22.
- [2] Гармаш О. І. Світовий досвід та вдосконалення влаштування гідроізоляції в Україні. *Будівельне виробництво*, 2020. Вип. 69. С. 7–11. DOI: <https://doi.org/10.36750/2524-2555.69.7-11>
- [3] Гармаш О. І., Галінський А. М., Баглай А. П. Гідроізоляція будівель і споруд. Сучасні вимоги. Київ : НДІБВ, 2012. 120 с.
- [4] Гідроізоляція підвалу. URL: <https://epdm.com.ua/services/private-sector/basement-waterproofing/> (дата звернення: 12.03.2026).
- [5] ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [Чинний від 01.01.2019]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
- [6] ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. [Чинний від 10.08.2023]. Київ: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 122 с.
- [7] ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі зміною № 1.

[Чинний від 01.06.2020]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2020. 71 с.

[8] ДСТУ 9195:2022. Швидкоспоруджувані захисні споруди цивільного захисту модульного типу. Основні положення. [Чинний від 01.03.2023]. Київ: ТК «Страховий фонд документації», 2023. 26 с.

[9] ДСТУ EN 1504-2:2022. Вироби і системи для захисту й ремонту бетонних конструкцій. Визначення, вимоги, контроль якості та оцінювання відповідності. Ч. 2. Системи захисту поверхні бетону (EN 1504-2:2004, IDT) [Чинний від 31.12.2023]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 70 с.

[10] Коваленко О. В. Сучасні гідроізоляційні матеріали на цементній основі для захисту гідротехнічних споруд. *Меліорація і водне господарство*. Київ, 2020. Вип. 1. С. 175–185. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-222>

[11] Лучко Й. Й., Гащук Ю. М. Гідроізоляція залізобетонних конструкцій будівель і споруд (огляд). *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. Львів, 2024. № 26. С. 41–53. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2024/315288>

[12] Лучко Й. Й., Назаревич Б. Л., Чечін В. В. Щодо методики влаштування мембранної гідроізоляції ін'єкційними методами підземних споруд. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса, 2019. Вип. 75. С. 141–150. DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2019-75-141-150>

[13] Минів Р. М. Особливості гідроізоляції сільськогосподарських будівель і споруд. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. Львів, 2019. Т. 21, № 91. С. 89–93. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9115>

[14] Міжнародна конференція «Застосування нових матеріалів і технологій захисту, гідроізоляції, укріплення конструкцій об'єктів спеціального призначення підвищеної надійності». URL: <https://waterproofing.com.ua/informatsiia-pro-konferentsiui/> (дата звернення: 12.03.2026).

[15] Мікрохвильові датчики вологості. URL: <https://hydronix.com.ua/products/mikrovolnovye-datchiki-vlazhnosti/> (дата звернення: 12.03.2026).

[16] PENETRON: веб-сайт. URL: <https://www.penetron.ua/> (дата звернення: 12.03.2026).

[17] Резистивний датчик вологості HR31. URL: https://arduino.ua/prod273-Rezistivnii_datchik_vlaznosti_HR31 (дата звернення: 12.03.2026).

[18] Скребнева С. М. Системи гідроізоляції бетонних та залізобетонних конструкцій. *Вісник Інженерної академії України*. Київ, 2014. Вип. 2. С. 299–301.

[19] Собко Ю. Т., Новак Є. В., Волощук Є. С. Технології влаштування гідроізоляції у фундаментних плитах. *Innovative Scientific Research: Balance of Theory and Practical Application* : матеріали XIII міжнар. наук.-практ. конф., м. Брюссель, Бельгія, 6–8 березня 2024 р. Brussels, 2024. 246 р.

[20] Суханевич М. В. Особливості композиційної побудови цементної матриці для отримання гідроізоляційних покриттів. *ScienceRise*. Київ, 2014. № 5/2 (4). Р. 99–107. DOI: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2014.33653>

[21] ТЕХНОНІКОЛЬ: веб-сайт. URL: <https://tehnokol.com.ua/uk/> (дата звернення: 12.03.2026).

REFERENCES

- [1] Harmash, O. I. (2019). Osnovni ryzyky pry proektuvanni i vykonanni hidroizolatsii pidzemnykh chastyn budynkiv i sporud [Main risks in design and installation of waterproofing of underground parts]. *Budivnele vyrobnytstvo*, (65), 19–22. [in Ukrainian]
- [2] Harmash, O. I. (2020). Svitovyi dosvid ta vdoskonalennia vlashtuvannia hidroizolatsii v Ukraini [World experience and improvement of waterproofing in Ukraine]. *Budivnele vyrobnytstvo*, (69), 7–11. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.69.7-11> [in Ukrainian]
- [3] Harmash, O. I., Halinskyi, A. M., & Bahlai, A. P. (2012). Hidroizolatsiia budivel i sporud: Suchasni vymohy [Waterproofing of buildings and structures: Modern requirements]. Kyiv: NDIBV. [in Ukrainian]
- [4] EPDM Ukraina. (n.d.). Hidroizolatsiia pidvalu [Basement waterproofing]. <https://epdm.com.ua/services/private-sector/basement-waterproofing/> (accessed: 12.03.2026) [in Ukrainian]
- [5] Ministerstvo rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy. (2018). Zahalni pryntsyepy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. DBN V.1.2-14-2018 [General principles of reliability and structural safety]. Kyiv. [in Ukrainian]
- [6] Ministerstvo rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy. (2023). Zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu. DBN V.2.2-5:2023 [Civil protection structures]. Kyiv. [in Ukrainian]
- [7] Ministerstvo rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy. (2020). Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. DBN V.2.6-98:2009 (zi zminoiu №1) [Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. [in Ukrainian]
- [8] Tekhnichniy komitet standartyzatsii. (2023). Shvydkosporudzhuvani zakhysni sporudy tsyvilnoho zakhystu modulnoho typu. DSTU 9195:2022 [Prefabricated civil protection structures]. Kyiv. [in Ukrainian]
- [9] DP «UkrNDNTs». (2022). Vyroby i systemy dlia zakhystu y remontu betonnykh konstruktsii. Chastyna 2: Systemy zakhystu poverkhni betonu (DSTU EN 1504-2:2022) [Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Part 2]. Kyiv. [in Ukrainian]
- [10] Kovalenko, O. V. (2020). Suchasni hidroizolatsiini materialy na tsementnii osnovi dlia zakhystu hidrotekhnichnykh sporud [Modern cement-based waterproofing materials]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, (1), 175–185. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-222> [in Ukrainian]
- [11] Luchko, Y. Y., & Hashchuk, Y. M. (2024). Hidroizolatsiia zalizobetonnykh konstruktsii budivel i sporud (ohliad) [Waterproofing of reinforced concrete structures (review)]. *Mosty ta tuneli*, (26), 41–53. <https://doi.org/10.15802/bttrp2024/315288> [in Ukrainian]
- [12] Luchko, Y. Y., Nazarevych, B. L., & Chechin, V. V. (2019). Shchodo metodyky vlashtuvannia membranoi hidroizolatsii iniektsiinymy metodamy [On membrane waterproofing methods]. *Visnyk ODABA*, (75), 141–150. <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2019-75-141-150> [in Ukrainian]
- [13] Myniv, R. M. (2019). Osoblyvosti hidroizolatsii silskohospodarskykh budivel i sporud [Features of waterproofing of agricultural buildings]. *Naukovyi visnyk LNUVMB*, 21(91), 89–93. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9115> [in Ukrainian]
- [14] Waterproofing UA. (n.d.). Mizhnarodna konferentsiia «Zastosuvannia novykh materialiv i tekhnologii zakhystu, hidroizolatsii, ukriplennia konstruktsii ob'ektiv spetsialnoho pryznachennia pidvyshchenoi nadiinosti» [International conference on application of new materials and waterproofing technologies]. <https://waterproofing.com.ua/informatsiia-pro-konferentsiiu/> (accessed: 12.03.2026) [in Ukrainian]
- [15] Mikrokhylyiovi datchyky volohosti. URL: <https://hydronix.com.ua/> (accessed: 12.03.2026) [in Ukrainian]
- [16] Penetron Ukraina. (n.d.). Penetron [Penetron official website]. <https://www.penetron.ua/> (accessed: 12.03.2026) [in Ukrainian]
- [17] Rezystyvnyi datchyk volohosti HR31. URL: https://arduino.ua/prod273-Rezistivnii_datchik_vlajnosti_HR31?srsIid=AfmBOormSgtv6KpPIeL1oY766QPYmDNqXHgV8-WNmslPiYH-Zwtyq_qK (accessed: 12.03.2026) [in Ukrainian]
- [18] Skrebnieva, S. M. (2014). Systemy hidroizolatsii betonnykh ta zalizobetonnykh konstruktsii [Waterproofing systems of concrete structures]. *Visnyk Inzhenernoi akademii Ukrainy*, (2), 299–301. [in Ukrainian]
- [19] Sobko, Y. T., Novak, Y. V., & Voloshchuk, Y. S. (2024). Technologies of waterproofing in foundation slabs. In *Proceedings of the International Conference (Brussels)*. [in English]
- [20] Sukhanovych, M. V. (2014). Cement matrix composite construction features. *ScienceRise*, (2), 99–107. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2014.33653> [in Ukrainian]
- [21] TekhnoNIKOL Ukraina. (n.d.). TekhnoNIKOL [TechnoNIKOL official website]. <https://tehnonikol.com.ua/uk/> (accessed: 12.03.2026) [in Ukrainian]

ABSTRACT

Skrebnieva S. Innovative waterproofing technologies in the construction of protective structures

The article considers modern innovative waterproofing technologies used in the construction of protective structures. The growth in the volume of construction of underground and buried structures has shown the need to use multi-stage waterproofing systems to ensure the reliability and durability of building structures. The world experience in the design and implementation of waterproofing systems is

analyzed, the main approaches and materials are classified, and the advantages and limitations of various technologies are identified.

The purpose of the article is to systematize scientific research and practical solutions in the field of innovative technologies for waterproofing protective structures, as well as to identify the main trends in their development in modern construction.

Methodology is based on the use of general scientific methods, such as analysis, systematization, generalization, comparison. The empirical basis for conducting scientific work was the remote analysis of objects: scientific publications and articles.

The results. As a result of the analysis of scientific sources, modern approaches to waterproofing protective structures were summarized, the main groups of innovative technologies were identified, and the directions of their application were outlined depending on the design and operational conditions.

The scientific novelty. The work consists in systematizing and generalizing modern innovative waterproofing technologies used in the construction of protective structures, taking into account their design and operational features.

Practical relevance. The main purpose of the work is to use the generalized results of the study when designing and selecting innovative technologies for waterproofing protective structures. The results of the article can be used by specialists of design and construction organizations for a well-founded selection of waterproofing materials and technologies in the process of erecting and reconstructing protective structures.

Keywords: innovative waterproofing technologies, protective structures, multi-stage waterproofing, durability of structures, composite waterproofing systems, waterproofing, membrane systems.

AUTHOR'S NOTE:

Skrebnieva Svitlana, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Construction and Civil Engineering, State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv, Ukraine, e-mail: 3879643@npp.kai.edu.ua, orcid: 0000-0003-4082-5181.

Дата першого надходження статті до видання: 31.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.04.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії
відкритого доступу CC BY 4.0

