

УДК 628.1

DOI 10.47049/2226-1893-2026-1-79-94

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВОДОНАПІРНИХ ВЕЖ РІЗНИХ ТИПІВ

Г.В. Слободяник

доцент, к.т.н., доцент кафедри «Морське та цивільне будівництво і архітектура»
annaslobodyanik27@gmail.com

К.Ю. Федорова

доцент, к.т.н., доцент кафедри «Морське та цивільне будівництво і архітектура»
fedorovaky@yahoo.com

А.В. Слободяник

здобувач освіти 4 курсу,
спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
alinaslobodyanik14@gmail.com

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

Анотація. У роботі розглянуто одну з основних проблем водних ресурсів України – забезпечення безперебійного водопостачання в умовах зростаючих навантажень на водопровідну інфраструктуру України, зумовлених її зношеністю, аварійністю та пошкодженнями внаслідок бойових дій.

Обґрунтовано доцільність застосування водонапірних веж як ефективного елемента систем водопостачання, здатного забезпечувати резервування води та стабільний тиск у мережі за умов перебоїв електропостачання.

Проаналізовано сучасні наукові дослідження, присвячені конструктивним рішенням водонапірних веж, з акцентом на оптимізацію їхніх параметрів з урахуванням надійності, сейсмічної стійкості та економічної ефективності.

Розглянуто основні фактори вибору типу резервуара, зокрема призначення, конструкцію, матеріал, вартість і розташування.

Окрему увагу приділено впливу місця розташування водонапірних веж на ефективність роботи системи водопостачання та загальні експлуатаційні витрати.

Отримані узагальнення можуть бути використані для обґрунтування вибору оптимального конструктивного рішення водонапірної вежі в сучасних умовах.

Ключові слова: водні ресурси, моніторинг, водопровідна мережа, водонапірна вежа, насос, резервуар.

© Слободяник Г.В., Федорова К.Ю., Слободяник А.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

UDC 628.1

DOI 10.47049/2226-1893-2026-1-79-94

COMPARATIVE ANALYSIS OF WATER TOWERS OF DIFFERENT TYPES

H.V. Slobodianyuk

Associate Professor, PhD (Engineering), Senior Lecturer of the Department
of Marine and Civil Construction and Architecture
annaslobodyanik27@gmail.com

K.Yu. Fedorova

Associate Professor, PhD (Engineering), Associate Professor of the Department
of Marine and Civil Construction and Architecture
fedorovaky@yahoo.com

A.V. Slobodianyuk

4th-Year Student,
Specialty 194 «Hydraulic Engineering, Water Engineering and Water Technologies»
alinaslobodyanik14@gmail.com

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

Abstract. *The paper examines one of the major issues concerning Ukraine's water resources – ensuring uninterrupted water supply under conditions of increasing loads on the country's water supply infrastructure caused by its deterioration, high accident rate, and damage resulting from military actions.*

The expediency of using water towers as an effective component of water supply systems capable of providing water storage and maintaining stable pressure in the network during power outages is substantiated. Modern scientific studies devoted to structural solutions of water towers are analyzed, with emphasis on optimizing their parameters in terms of reliability, seismic resistance, and economic efficiency.

The main factors influencing the selection of reservoir type are considered, including purpose, structural design, material, cost, and location. Particular attention is paid to the impact of the water tower location on the efficiency of the water supply system and overall operational costs.

The obtained generalizations may be used to justify the selection of the optimal structural solution for a water tower under current conditions.

Keywords: *water resources, monitoring, water supply network, water tower, pump, reservoir.*

Постановка проблеми. Ситуація з водними ресурсами України залишається доволі складною. Населення України перманентно страждає від нестачі води через низку важливих факторів, таких як зношеність інфраструктури, виникнення додаткових навантажень (наприклад, під час будівельних робіт), корозія або

недостатній моніторинг, що призводить до проривів мереж. За даними оцінювання водних ресурсів FAO-AQUASTAT у 2021 році, Україна займає 37 місце в Європі за внутрішніми відновлюваними водними ресурсами на душу населення.

Однак основним фактором, який істотно впливає на життя населення та значно ускладнює постачання води в необхідній кількості, є те, що водопровідні мережі та енергетична система України регулярно зазнають інтенсивних пошкоджень унаслідок бойових дій [1].

Одним з варіантів зменшення проблеми з нестачою води є будівництво водонапірних веж. У багатьох населених пунктах під час аварій або внаслідок бойових дій відбуваються вимкнення електроенергії, що призводить до унеможливлення роботи насосних систем. Водночас водонапірні вежі працюють за принципом гравітаційного тиску: коли є електроенергія, вода закачується насосами у резервуар, а далі самопливом подається споживачам, які, в залежності від об'єму вежі, мають доступ до води протягом певного часу.

Крім того, водонапірні вежі створюють постійний тиск у водопровідній мережі, що особливо важливо в малих населених пунктах та місцях, де центральне водопостачання є слабким або відсутнім. Завдяки цьому вода рівномірно доходить до споживачів у різні години доби незалежно від часу та обсягів її споживання [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх років наукові дослідження, присвячені конструкціям водонапірних веж і резервуарів, спрямовані на пошук оптимальних конструктивних рішень, які забезпечують необхідну надійність, безпеку та економічну доцільність споруд. У роботах [7] та [11] виконано порівняльний аналіз різних типів конструкцій і підходів до їх проектування відповідно до національних і міжнародних нормативних документів. Автори досліджують вплив геометричних параметрів резервуара, матеріалів та схем опор на напружено-деформований стан споруд, що дозволяє визначити найбільш раціональні конструктивні рішення.

Значну увагу також приділено аналізу сейсмічних впливів і гідродинамічної взаємодії води з конструкцією, що розглянуто у праці [13].

Подальші дослідження зосереджені на оптимізації конструктивних схем водонапірних башт із використанням чисельного моделювання та сучасних методів розрахунку. У роботі [14] проаналізовано вплив різних типів матеріалів, геометричних параметрів і схем опор на жорсткість та сейсмічну стійкість споруд, що дозволяє визначити найбільш раціональні конструктивні рішення.

Окремі дослідження, зокрема [12], присвячені підвищенню ефективності конструкцій шляхом застосування демпфуючих пристроїв.

Сукупність наведених наукових робіт формує теоретичну та практичну основу для вибору оптимального варіанта конструкції водонапірної башти, що забезпечує поєднання конструктивної надійності, довговічності та раціонального використання матеріальних ресурсів.

Метою дослідження є обґрунтування та оптимізація конструктивних рішень водонапірних веж для систем водопостачання України з урахуванням ефективного використання водних ресурсів, забезпечення надійності, стабільного

тиску, резервування води, сейсмічної стійкості та економічної ефективності, а також визначення факторів вибору типу резервуара та впливу місця розташування веж на ефективність роботи водопровідної системи.

Виклад основного матеріалу. Раціональний розподіл наявних водних ресурсів і забезпечення їх безперебійного постачання споживачам у необхідних обсягах в сучасних умовах є складною інженерною та господарською задачею [3; 15]. Одним із ефективних засобів часткового вирішення цієї проблеми є застосування водонапірних веж, які дозволяють стабілізувати тиск у водопровідних мережах і створити необхідний запас води [4]. Водночас зведення таких споруд пов'язане зі значними капітальними витратами, обсяг яких, як правило, є обмеженим [5]. У зв'язку з цим виникає потреба у всебічному аналізі конструктивних рішень та визначенні найбільш оптимального варіанта конструкції водонапірної вежі, який забезпечує необхідні експлуатаційні характеристики за мінімальних матеріальних і економічних витрат [6].

При виборі типу резервуара необхідно враховувати низку взаємопов'язаних факторів, зокрема його функціональне призначення, конструктивні особливості, матеріал виготовлення, вартість будівництва та умови розташування [1; 15]. Подальший аналіз цих факторів дозволяє обґрунтовано оцінити доцільність застосування того чи іншого типу резервуара.

Призначення водонапірних веж. Промислові резервуари для води конструюються з урахуванням спеціальних потреб, таких як хімічна сумісність, стійкість до високих температур та величезний об'єм зберігання [7]. Такі резервуари зазвичай мають спеціальне оздоблення, спеціалізоване обладнання та вбудовані пристрої моніторингу. Промислове використання може вимагати резервуарів, які можуть зберігати технологічну воду, охолоджувальну воду, резервуари для пожежогасіння або рідини для обробки стічних вод. Вибір матеріалу стає обов'язковим, оскільки резервуари мають бути стійкими до певних хімічних середовищ та експлуатаційних навантажень [5].

Конструкції сільськогосподарських резервуарів для води зосереджені на забезпеченні постійного зберігання води для зрошення, використання в тваринництві та переробки сільськогосподарських культур. Сільськогосподарські резервуари, як правило, мають велику місткість та просту у використанні конструкцію, щоб зберегти низькі витрати та високу функціональність [1; 4]. Поліетиленові та склопластикові конструкції є особливо популярними, оскільки вони стійкі до корозії та здатні підтримувати чистоту води у відкритому середовищі [8].

Резервуари для збору дощової води спеціально сконструйовані для збору, зберігання та утримання дощової води для різних цілей. Ці системи допомагають економити воду, одночасно забезпечуючи резервне водопостачання в посушливі сезони. Для хороших систем збору дощової води потрібні резервуари з відведеннями першого змиву, контролем переливу та системами фільтрації [5]. Матеріал резервуара повинен забезпечувати підтримку якості води протягом тривалого зберігання [9].

Типи резервуарів для питної води повинні відповідати суворим стандартам охорони здоров'я та безпеки, щоб забезпечити безпеку води, що зберігається, для споживання людиною [10]. Ці резервуари потребують матеріалів харчового класу, належної вентиляції та конструкцій, що запобігають забрудненню.

Конструкція водонапірних веж. Водонапірні вежі – це спеціальні споруди для зберігання води на певній висоті, щоб створювати тиск у водопровідній мережі. Конструкція веж визначає їх міцність, стійкість до навантажень і довговічність.

Одним із основних типів є стовпчасті вежі (рис. 1). Вони складаються з опорного стовпа, на якому розташований резервуар. Такі вежі відзначаються високою стабільністю та можливістю великої висоти, проте потребують міцного фундаменту та більше матеріалів для опор.



Рис. 1. Приклад стовпчастої вежі

Каркасні вежі виконані у вигляді металевого або залізобетонного каркаса з надбудованим баком (рис. 2). Вони легкі, зручні для обслуговування, але чутливі до корозії (для металевих конструкцій) і потребують регулярного технічного огляду.



Рис. 2. Різновиди каркасних веж

Вежі з резервуаром на верхівці (рис. 3). Цей старий тип конструкції, який широко застосовувався у ХХ столітті. Він дозволяє економити площу та зручно монтувати бак, проте підвищене навантаження падає на опори та фундамент.

До типів із підвищеною міцністю відносяться сферичні та кулясті баки на опорах (рис. 4). Сферична форма резервуара забезпечує оптимальне розподілення тиску і підвищену стійкість, але виготовлення таких баків складніше.



Рис. 3. Приклад вежі з резервуаром на верхівці – Водонапірна вежа у м. Вінниця



Рис. 4. Приклад вежі сферичної форми

Окремо виділяють комбіновані конструкції з підземним резервуаром, де резервуар частково або повністю розташований під землею, а над ним — надземна башта. Такі споруди дозволяють економити площу, підвищують стійкість конструкції та забезпечують стабільний тиск навіть під час перебоїв електропостачання, але їх монтаж дорожчий і обслуговування підземної частини складніше.

За формою резервуари бувають:

Круглі: рівномірно розподіляє тиск води по стінках, найефективніша конструктивно.

Квадратні/прямокутні: легше інтегрувати в архітектуру, але стіни піддаються більшим згинальним навантаженням.

Конічні або воронкоподібні: підходять для високих веж і архітектурно вирашні (рис. 5).

Вежі повинні витримувати статичні навантаження від маси води та власної конструкції, а також враховувати сейсмічні та вітрові навантаження. Конструкція повинна забезпечувати доступ для технічного обслуговування та очищення резервуара.



Рис. 5. Приклад веж з воронкоподібним резервуаром

Матеріали, які використовуються для будівництва водонапірних веж [14].

1. Гарячеоцинкована сталь

Резервуари з гарячеоцинкованої сталі характеризуються високою міцністю, ударостійкістю та тривалим терміном експлуатації за умови належного технічного обслуговування. Цинкове покриття забезпечує помірну корозійну стійкість, однак за тривалого впливу агресивних чинників навколишнього середовища можливе поступове зниження його захисних властивостей. Для підвищення довговічності може застосовуватися порошкове покриття, яке зменшує ризик корозії та негативного впливу атмосферних факторів. За вартістю такі резервуари належать до

середнього цінового сегмента: вони доступніші за резервуари зі склокерамічним покриттям, проте дорожчі за поліетиленові та склопластикові аналоги. Монтаж є відносно нескладним завдяки використанню модульних панельних систем, що полегшують транспортування та складання на місці експлуатації.

2. Сталь Galvabond

Резервуари зі сталі Galvabond мають експлуатаційні характеристики, подібні до гарячеоцинкованих сталевих резервуарів, однак відрізняються тоншим цинковим покриттям, що знижує рівень корозійної стійкості. Такі конструкції доцільно застосовувати в умовах помірного впливу навколишнього середовища. Нанесення додаткового порошкового покриття може істотно підвищити їхню довговічність. З економічної точки зору резервуари Galvabond є більш доступними, ніж резервуари з гарячеоцинкованої сталі, проте менш придатними для великооб'ємних об'єктів через обмежену товщину захисного шару.

3. Сталь зі склокерамічною підкладкою

Сталеві резервуари зі склокерамічним покриттям належать до найбільш довговічних конструктивних рішень завдяки поєднанню високої механічної міцності сталі та захисних властивостей скла. Основною перевагою таких резервуарів є висока корозійна стійкість: скляне покриття ефективно перешкоджає утворенню іржі, хімічному руйнуванню та розвитку мікроорганізмів. Незважаючи на вищу вартість порівняно з оцинкованими резервуарами, тривалий термін служби та мінімальні вимоги до обслуговування роблять їх економічно обґрунтованими у довгостроковій перспективі. Модульна конструкція спрощує транспортування та монтаж, однак встановлення потребує високої точності для запобігання пошкодженню склокерамічного шару.

4. Цинкалюм та Colorbond

Цинкалюмова сталь характеризується підвищеною корозійною стійкістю, тоді як сталь типу Colorbond додатково захищена заводським багатошаровим покриттям, що подовжує термін експлуатації конструкцій. Резервуари з цих матеріалів зазвичай належать до середнього цінового діапазону та в більшості випадків є дешевшими за аналоги з гарячеоцинкованої сталі та сталі зі склокерамічним покриттям.

5. Бетон

Бетонні резервуари відзначаються високою довговічністю та стійкістю до корозійних процесів, оскільки бетон не піддається іржавінню. Водночас для запобігання фільтрації води часто необхідне застосування гідроізоляційних матеріалів або герметиків. Основними недоліками таких резервуарів є значні витрати на матеріали та монтаж, а також складність і тривалість будівельного процесу, що включає підготовку майданчика, встановлення опалубки, армування та період твердіння бетону. Загальний термін монтажу може становити від кількох тижнів до кількох місяців, що обмежує їх застосування в умовах необхідності швидкого введення в експлуатацію. Крім того, бетонні конструкції часто є малодоступними для віддалених або важкодоступних об'єктів.

6. Скловолокно (FRP)

Резервуари зі скловолокна є міцною та відносно легкою альтернативою традиційним матеріалам (рис. 6). Вони характеризуються високою стійкістю до корозії, ультрафіолетового випромінювання та утворення тріщин, що дозволяє їх використання в умовах впливу агресивних хімічних середовищ і підвищеної солоності. Скловолокно зазвичай є економічно вигіднішим за сталь і забезпечує тривалий термін експлуатації з мінімальними вимогами до технічного обслуговування. Завдяки заводському виготовленню резервуари легко транспортуються та швидко монтуються. Водночас вони мають обмеження по габаритам та об'єму.



Рис. 6. Водонапірна башта зі скловолокна

7. Поліетилен

Поліетиленові резервуари є найбільш економічно доступним варіантом. Вони мають високу ударостійкість, гнучкість і повну стійкість до корозії та більшості хімічних речовин. Проте тривалий вплив ультрафіолетового випромінювання може спричинити поступову деградацію матеріалу. Невелика маса та заводське формування конструкцій забезпечують простоту транспортування й мінімальні терміни встановлення, які є найкоротшими серед розглянутих матеріалів. Разом із тим, як і у випадку зі скловолокном, застосування поліетиленових резервуарів обмежується їхніми розмірами.

Вартість водонапірних веж. Бетонні резервуари – найдорожчий варіант серед популярних типів, особливо для великих об'ємів [8]. Бетонні конструкції

вимагають складного заливання, армування, підготовки фундаменту, а також значних обсягів робіт. Однак вони забезпечують довге й надійне зберігання, мають міцність і довговічність, що виправдовує інвестиції на масштабних об'єктах [3].

Металеві резервуари (особливо з нержавіючої сталі або з подвійною стінкою) – досить дорогі, особливо коли мова йде про товстостінні конструкції, антикорозійне покриття, сертифікування або подвійні стіни для безпечного зберігання агресивних або легкозаймистих рідин. Нержавіюча сталь – ще дорожча, але дає великий термін служби.

Вартість підземних резервуарів (будь-якого матеріалу, особливо сталеві або подвійні стінки) значно зростає через витрати на земляні роботи, гідроізоляцію, складний монтаж та додаткові засоби безпеки [6]. Навіть пластикові підземні варіанти можуть виявитися значно дорожчими, ніж їх наземні аналоги, через вартість інфраструктури, необхідної для їх установки [5].

Спеціалізовані резервуари (для палива, хімікатів, агропродуктів) – цей клас може варіюватися в ціні залежно від матеріалу, сертифікації і вимог до безпеки. Наприклад, пластикові або склопластикові резервуари для хімікатів або агрохімікатів зазвичай дешевші, ніж металеві варіанти з подвійними стінками, але дорожчі за прості загальні пластикові резервуари через специфічні вимоги [1].

Надземні сталеві резервуари (без подвійної стінки) – це резервуари середньої цінової категорії: міцні, надійні, але не такі дорогі, як висококласні сталеві системи або підземні металеві резервуари. Вони часто використовуються для зберігання води, промислових рідин або палива, коли не вимагається складний монтаж або ізоляція [5].

Надземні пластикові резервуари – це один із найдоступніших варіантів: матеріали легкі, виготовлення відносно просте, монтаж простіший. Пластикові баки часто застосовуються для побутового водозбереження, збору дощової води або тимчасового зберігання рідин, де не потрібні спеціальні умови [1; 6].

Гнучкі (м'які) резервуари – це найдешевші в ієрархії, якщо говорити про матеріал та виготовлення. Вони можуть бути швидко змонтовані, легкі, мобільні – ідеальні для тимчасового зберігання або мобільних рішень. Однак їхній ресурс і стійкість можуть бути нижчими, ніж у жорстких конструкцій [1; 6].

Ціна резервуара формується під впливом кількох ключових факторів – об'єму, матеріалу, типу конструкції, виробника та додаткового оснащення [3]. Щоб обрати оптимальне рішення, варто оцінювати не лише початкову вартість, а й довгострокові експлуатаційні витрати, які часто істотно впливають на підсумкову ціну володіння.

В додаткове оснащення входить: теплоізоляція, змішувальні системи, захисні покриття, датчики рівня, тиску та температури, системи промивки, опорні конструкції або металеві рами [3; 5].

Окрім початкової ціни важливо враховувати витрати на [6]:

- технічне обслуговування (фарбування, антикорозійний захист, перевірки на герметичність);

- енерговитрати, якщо використовується підігрів або змішування;
- ремонти та модернізації;
- утилізацію або демонтаж після завершення строку служби.

У довгостроковій перспективі дешевші резервуари можуть виявитися більш затратними через часті ремонти або коротший термін експлуатації.

Розташування водонапірних веж. Правильне розташування водонапірних веж є критично важливим для стабільної роботи системи водопостачання, рівномірного тиску в мережі та безпеки споживачів. Від вибору місця залежить ефективність роботи водної інфраструктури, витрати на будівництво й подальше обслуговування [3].

Вежі зазвичай встановлюють на найвищих доступних ділянках місцевості. Це дає змогу забезпечити природний гравітаційний тиск у мережі, зменшити витрати на насосне обладнання та підвищити енергоефективність системи. Якщо природного підвищення немає, висоту компенсують конструкцією самої башти [4].

Ідеальне розташування – на відносно рівній відстані від основних груп споживачів. Це дозволяє уникати перепадів тиску між районами, мінімізувати довжину трубопроводів, зменшити втрати води та гідравлічний опір. У міських районах башту часто встановлюють ближче до центру навантаження (рис. 7), тоді як у сільській місцевості — на узвишсях між населеними пунктами [6].

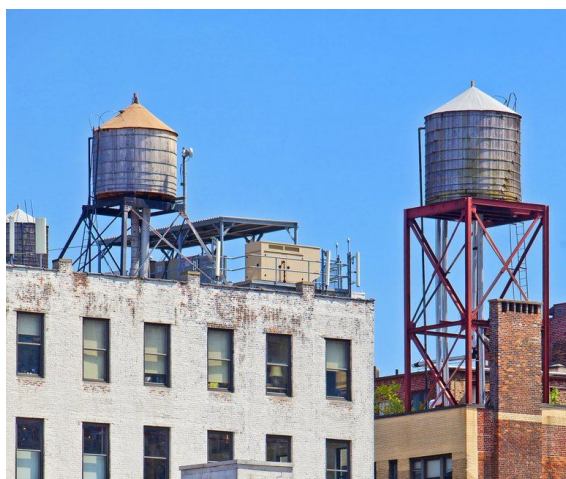


Рис. 7. Приклад розташування водонапірних башт у міському районі

Ґрунт повинен бути достатньо міцним, щоб витримувати навантаження від конструкції та резервуара з водою. Необхідно враховувати тип ґрунтів (несучість, просідання, ризику підтоплення), глибину промерзання, рівень ґрунтових вод та можливість будівництва фундаменту потрібного типу. У зонах із нестійкими ґрунтами вибір розташування може бути обмежений або вимагати спеціального укріплення [5].

Водонапірна вежа повинна мати безпечний доступ для технічного обслуговування, ремонту та контролю датчиків і обладнання. Водночас важливо за безпечити захист від стороннього доступу – огорожа, відеонагляд, обмеження території. У промислових або міських районах враховується вплив транспорту, вібрацій та можливих аварій [1].

Крім того, вежа не повинна заважати місцевій інфраструктурі або суперечити містобудівним нормам. Важливо врахувати санітарні зони, мінімальні відстані до житлових будівель, обмеження за висотою та зони охорони об'єктів інженерних мереж. У деяких випадках башту інтегрують в архітектуру району (рис. 8) або створюють декоративні рішення, щоб зменшити її візуальний вплив [2].



Рис. 8. Водонапірна вежа Wasserturm Neumühle у Шверині, Німеччина

Водночас розташування має мінімізувати загальні витрати системи [8]:

- коротші трубопроводи – нижчі витрати на будівництво і втрати тиску;
- менша висота конструкції – економія на матеріалах;
- доступність дороги – зниження вартості обслуговування.

Баланс між інженерною доцільністю й економічною ефективністю є ключовим при виборі місця [5].

Висновки. Аналіз сучасного стану водопостачання та наукових досліджень водонапірних веж показав, що використання таких конструкцій є ефективним способом забезпечення стабільного тиску та резерву води, особливо в умовах аварійного або обмеженого електропостачання. Оптимізація конструкцій спрямована на поєднання надійності, довговічності, сейсмічної та вітрової стійкості з економічною доцільністю, що досягається за рахунок застосування чисельного моделювання, порівняльного аналізу типів резервуарів та сучасних матеріалів. Вибір конструкції повинен враховувати функціональне призначення, матеріал виготовлення, форму резервуара, вартість і умови розташування, оскільки саме ці фактори визначають ефективність роботи водопровідної мережі та довгострокові витрати на експлуатацію. На основі порівняння сучасних рішень та матеріалів найбільш раціональним варіантом є монолітний або збірний залізобетонний резервуар круглої форми, який забезпечує високу міцність, ефективний розподіл тиску води, стійкість до зовнішніх навантажень і оптимальне використання матеріальних ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р., Стельмах В.Ю. Гідроекологічні аспекти водопостачання та водовідведення: навч. посібник. К.: ДІА, 2023. 228 с.
2. How Do Water Towers Work?, *Encyclopedia Britannica*. Доступно за посиланням: <https://www.britannica.com/technology/How-Do-Water-Towers-Work>
3. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 180 с.
4. Ткачук О.А., Шадура В.О. Водопровідні мережі: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2010. 146 с.
5. Мороз Н.В. Водопостачання населених пунктів і промислових підприємств: підручник для студентів будівельних спеціальностей. К.: Вища школа. 2017. 24 с.
6. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2018. 343 с.
7. Types of WaterTanks: Materials, Applications & Specifications, Atlas Al Sharq LLC. Доступно за посиланням: <https://www.atlasgrp.ae/types-of-water-tanks>
8. ДСТУ 2569-94 «Водопостачання і каналізація». Державний норматив України з технічної стандартизації. НДКТИ МГ. 1994. 5 с.
9. Проектування систем водопостачання: навчально-методичний посібник для студентів інженерно-будівельних спеціальностей. К.: МОН України.

10. Comparative study on analysis and design of R.C.C. elevated water tank using different country codes, *MaterialsToday: Proceedings*, 2023. Доступно за посиланням: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.486>.
11. Bhattarai S., Suwal R. Seismic Performance of an Elevated Water Tank by Employing Fluid Viscous Dampers Considering Hydrodynamic Effect, *Himalayan Journal of Applied Science and Engineering*, Vol. 5, No. 2, 2025.
12. Comparative Analysis of Water Tank with Varying Container Shape, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Volume 08 Issue 07, July 2021 – Y. Chouhan, S. Ambadkar. Доступно за посиланням: <https://www.irjet.net/archives/V8/i7/IRJET-V8I7339.pdf>.
13. Water Tank Materials Comparison: Which is Best for You?, Allied Pumps (Australia).
14. Федорова К.Ю., Андреевська Г.М. Гідравліка: навч. посіб. Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2023. 148 с.

REFERENCES

1. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Stelmakh V.Yu. (2023) *Hydroekologichni aspekty vodopostachannia ta vodovidvedennia [Hydroecological aspects of water supply and wastewater disposal]: navch. posibnyk. – K.: DIA. 228 p.*
2. How Do Water Towers Work?, *Encyclopedia Britannica*. Dostupno za posylannyam:<https://www.britannica.com/technology/How-Do-Water-Towers-Work>.
3. DBN V.2.5-74:2013 – *Vodopostachannia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia (2013) [Water supply. External networks and structures. Basic design provisions]* Kyiv:Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 180 p.
4. Tkachuk O.A., Shadura V.O. (2010) *Vodoprovidni merezhi [Water supply networks]: navchalnyi posibnyk. Rivne: NUVHP. 146 p.*
5. Moroz N.V. (2017) *Vodopostachannia naselenykh punktiv i promyslovykh pidpriemstv [Water supply of settlements and industrial enterprises]: pidruchnyk dlia studentiv budivelnykh spetsialnostei. Kyiv: Vyscha shkola. 24 p.*
6. Shadura V.O., Kravchenko N.V. (2018) *Vodopostachannia ta vodovidvedennia [Water supply and drainage]: navchalnyi posibnyk. Rivne: NUVHP. 343 p.*
7. Types of WaterTanks: Materials, Applications&Specifications, Atlas Al Sharq LLC. Dostupno za posylannyam: <https://www.atlasgrp.ae/types-of-water-tanks>
8. DSTU 2569-94. (1994) *Vodopostachannya i kanalizatsiya [Water supply and sewerage] Derzhavnyy normatyv Ukrainy z tekhnichnoyi standartyzatsiyi. NDKTI MG. 5 p.*

9. Proiektuvannia system vodopostachannia [Design of water supply systems]: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia studentiv inzhenerno-budivelnykh spetsialnostei. K.: MON Ukrainy.
10. Comparative study on analysis and design of R.C.C. elevated water tank using different country codes, MaterialsToday: Proceedings, 2023. Dostupno za posylanniam: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.486>.
11. Bhattarai S., Suwal R. Seismic Performance of an Elevated Water Tank by Employing Fluid Viscous Dampers Considering Hydrodynamic Effect, Himalayan Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 5, No. 2, 2025.
12. Y. Chouhan, S. Ambadkar. (2021) Comparative Analysis of Water Tank with Varying Container Shape, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume 08 Issue 07, Dostupno za posylanniam: <https://www.irjet.net/archives/V8/i7/IRJET-V8I7339.pdf>.
13. Water Tank Materials Comparison: Which is Best for You?, Allied Pumps (Australia).
14. Fedorova K.Yu., Andreievska H.M. (2023) Hidravlika [Hydraulics]: navch. posib. Odesa: FOP Bondarenko M.O. 148 p.

Дата надходження статті: 19.02.2026

Дата прийняття статті: 16.03.2026

Дата публікації статті: 02.04.2026