

СТАБІЛІЗАЦІЯ ПОЛОЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПІДПІРНОЇ СТІНИ ЗА РЕЗУЛЬТАТИ ЇЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

STABILIZATION OF THE POSITION OF A REINFORCED CONCRETE RETAINING WALL ACCORDING TO THE RESULTS OF ITS TECHNICAL INSPECTION

Караван В.В., к.т.н, доцент ORCID 0000-0002-8261-692X; Філіпчук С.В., к.т.н, доцент ORCID 0000-0002-4464-4620; Фурсович М.О., к.т.н, доцент ORCID 0000-0003-3584-2083; Караван Б.В., доктор філософії, старший викладач ORCID ID: 0000-0002-0499-7544; (Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне)

Karavan V., candidate of technical sciences, associate professor ORCID 0000-0002-8261-692X; Filipchuk S., candidate of technical sciences, associate professor ORCID 0000-0002-4464-4620; Fursovych M., candidate of technical sciences, associate professor ORCID 0000-0003-3584-2083; Karavan B., Ph.D., assistant, ORCID ID: 0000-0002-0499-7544 (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

В статті наведені результати технічного обстеження та розрахунку монолітної залізобетонної кутикової підпірної стіни, представлені рекомендації з стабілізації положення конструкцій підпірної стіни за результатами обстеження.

According to the agreement, in June 2025, experts conducted a technical inspection of the retaining wall structures of the construction of multi-apartment residential buildings in the city of Khmelnytskyi in order to determine the actual technical condition of the structure, its suitability for further operation, and to stabilize its position. A monolithic reinforced concrete corner retaining wall with a total length of 83.4 m was erected in 2021. The structural elements of the retaining wall are: vertical (wall) and horizontal (sole) slabs, rigidly connected to each other. The results of a visual inspection of the retaining wall structures revealed defects and damage that reduce its load-bearing capacity, suitability for normal operation, reliability, and durability. The calculation established that the bearing capacity of the retaining wall to absorb actual loads and forces after strengthening the wall (installing ribs) is ensured with a utilization factor of 0.93. The stability of the retaining wall against plane shear is not ensured, it is necessary to provide measures to stabilize its position. The technical condition of the reinforced concrete monolithic retaining wall at the time of the inspection is not suitable for normal operation (category 3). To ensure reliable and safe operation of the structure,

it is necessary to carry out work to stabilize its position. The reason for the formation of through-going vertical cracks and deformations along the length of the retaining wall is the increase in loads (active lateral soil pressure) from the backfill side due to soil moistening by precipitation and the absence of external backfill soil (non-compliance with the minimum embedment depth), which cause the retaining wall to shift. It is recommended to install bored piles and monolithic reinforced concrete ribs (buttresses) on the outside of the retaining wall to its full height. In addition to the work on installing bored piles, it is recommended to carry out repair work and reinforcement measures.

Ключові слова: бетон, арматура, деформація, тріщина, навантаження, конструкція, плита, руйнування, підсилення, паля, свердловина, каркас.
Concrete, reinforcement, deformation, crack, load, structure, slab, destruction, reinforcement, pile, well, frame.

Вступ. Обстеження – процес отримання якісних і кількісних показників експлуатаційної придатності конструкцій та будівлі (інженерної споруди) в цілому, шляхом візуального огляду, інструментальних вимірювань та лабораторних досліджень. Основною метою проведення експертами робіт з технічного обстеження, згідно чинних норм [1, 2, 3, 4], є встановлення фактичної несучої здатності й експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд для забезпечення їх надійності, довговічності, ремонтпридатності та можливості реконструкції чи підсилення.

Постановка мети і задач досліджень. Згідно договору, у червні місяці 2025 року експертами було проведено технічне обстеження конструкцій підпірної стіни будівництва багатоквартирних житлових будинків у м. Хмельницькому з метою визначення фактичного технічного стану споруди, придатності до подальшої експлуатації та стабілізації її положення. Для виконання поставленої мети, згідно технічного завдання, були здійснені наступні роботи: виконані необхідні обміри геометричних параметрів інженерної споруди, її конструкцій та конструктивних елементів; проведено візуальне обстеження конструкцій споруди та їх вузлів і елементів на наявність деформацій, дефектів і пошкоджень, встановили причини їх утворення та розвитку; складені відомість та карти дефектів і пошкоджень конструкцій споруди, здійснена їх фотофіксація; вивчені та проаналізовані матеріали попередніх років стосовно інженерно-геологічних вишукувань основи ділянки навколо споруди, прийняті характеристики ґрунту основи; вивчені матеріали конструктивної частини проєкту на підпірну стіну, надані Замовником; проведено інструментальні дослідження неруйнівним методом для визначення міцності бетону та параметрів армування залізобетонних конструкцій інженерної споруди; виконаний збір навантажень та визначений активний тиск ґрунту і зусилля, що передаються на конструкції підпірної стіни; виконані перевірочні розрахунки несучої здатності конструкцій та перевірка на зсув

споруди від діючих навантажень; виконаний розрахунок за несучою здатністю залізобетонного контрфорсу підсилення підпірної стіни; встановлено технічний стан інженерної споруди; подані висновки та рекомендації з стабілізації положення конструкцій підпірної стіни за результатами технічного обстеження.

Результати досліджень. Підпірна стіна – інженерна споруда призначена для утримування масиву ґрунту в стані рівноваги. Монолітна залізобетонна кутикова підпірна стіна загальною довжиною 83400 мм зведена у 2021 р. (див. рис. 1). В плані підпірна стіна складається з розташованих під кутом 90 градусів двох її частин ПС-1 і ПС-2 довжиною відповідно 53000 мм та 30400 мм. Конструктивними елементами підпірної стіни є: вертикальна (стінка) та горизонтальна (підшва) плити, з'єднані між собою жорстко. Висота стінки ПС-1 від защемлення з горизонтальною плитою по її довжині – змінна, від 1700 мм до 5300 мм. Висота стінки ПС-2 від ґрунтової поверхні та защемлення з горизонтальною плитою по її довжині – змінна, відповідно 550 мм до 5300 мм. Ширина вертикальної стінки з паралельними гранями підпірної стіни становить 500 мм. Ширина горизонтальної плити підпірної стіни складає 4500 мм, ширина переднього виступу підшви становить 470...530 мм, товщина підшви складає 650...670 мм. По всій довжині підпірної стіни ПС-1 рівень ґрунтової поверхні відповідає верху горизонтальної плити, зовнішня засипка підшви – відсутня. По довжині стіни ПС-2 наявна зовнішня засипка переднього виступу підшви на різну висоту. По висоті стінки підпірної стіни влаштовані дренажні отвори. У підпірній стіні відсутні деформаційні шви, які б розбивали її по довжині на окремі частини.



Рис. 1. Підпірна стіна будівництва багатоквартирних житлових будинків

Відомості про інженерно-геологічні умови району розташування підпірної стіни будівництва багатоквартирних житлових будинків отримані в результаті аналізу технічної документації наданої Замовником. Співставивши технічні звіти та конструктивну частину проєкту на підпірну стіну встановили:

- в основі підпірної стіни залягає суглинок тугопластичний з прошарками та лінзами дрібного піску та супіску, жовто-бурий;

- ґрунтом зворотньої засипки (чинить активний зсуваючий тиск на підпірну стіну) є ґрунт порушеної структури, який ущільнений згідно нормативних документів з коефіцієнтом ущільнення $k_y=0,95$, суглинок тугопластичний з прошарками та лінзами дрібного піску та супіску, жовто-бурий.

За результатами візуального огляду конструкцій підпірної стіни виявили дефекти і пошкодження, які знижують її несучу здатність, придатність до нормальної експлуатації, надійність й довговічність, а саме:

- відсутня зовнішня засипка ґрунтом переднього виступу горизонтальної плити по всій довжині підпірної стіни;

- виявлені поверхневі дефекти бетону в конструкціях стіни – грубі та пористі шви на стику щитів опалубки та перерв у бетонуванні, напливи бетону до 15 мм, нерівності, відхилення від проєктних розмірів ± 20 мм, на окремих ділянках раковини глибиною до 12 мм, значна кількість пор, каверн, чарунок внаслідок не ущільненої бетонної суміші та недотримання технології виконання робіт з бетонування. Зколи бетону граней на глибину до 15 мм без оголення арматури внаслідок механічних впливів. Усадочні (волосяні) тріщини у бетоні вертикальної плити шириною розкриття до 0,1 мм;

- на ділянці по висоті вертикальної плити ПС-2 відшарування захисного шару бетону на глибину до 20 мм внаслідок поперемінного заморожування-відтаювання та агресивного впливу середовища, оголені та корозія арматурних стержнів;

- наскрізна вертикальна тріщина на висоту стінки ПС-2 шириною розкриття до 20 мм, що утворилась в місці перерви у бетонуванні внаслідок відсутності перев'язу/анкерування арматурних стержнів сусідніх ділянок та розриву при зсуві стіни ПС-1 від активного тиску ґрунту;

- вертикальні тріщини на висоту стінки ПС-1 і ПС-2 шириною розкриття до 0,1...1,0 мм, що утворилась в місці перерв у бетонуванні внаслідок відсутності перев'язу/анкерування арматурних стержнів сусідніх ділянок та дії на стінку активного тиску ґрунту;

- наскрізна вертикальна тріщина на висоту стінки ПС-1 шириною розкриття відповідно у нижній та верхній зонах 5 мм та 40 мм, що утворилась в місці перерви у бетонуванні внаслідок відсутності перев'язу/анкерування арматурних стержнів сусідніх ділянок та зсуву від активного тиску ґрунту (рис. 2). Зміщення ділянок стінки у верхній зоні відносно одна одної на 60 мм;

- наскрізні вертикальні тріщини у верхній зоні стінки ПС-1 шириною розкриття до 0,1 мм, що утворилась в місці перерв у бетонуванні внаслідок дії активного тиску ґрунту;

- похилі тріщини згину у нижній зоні стінки ПС-1 шириною розкриття до 0,75 мм і висотою до 2800 мм, що утворилась внаслідок дії активного бокового тиску ґрунту;

- наскрізна вертикальна тріщина розриву на висоту стінки ПС-1 шириною розкриття 100 мм, що утворилась в місці перерви у бетонуванні внаслідок відсутності перев'язу/анкерування арматурних стержнів сусідніх ділянок та зсуву стіни від активного тиску ґрунту, яка співпадає з наскрізною тріщиною розриву у підшві стіни (див. рис. 3);

- деформації вертикальної стінки ПС-1 по довжині, внаслідок дії активного бокового тиску ґрунту – зсув та згин в площині у середній ділянці стіни;

- на ділянці просідання ґрунту основи під підшовою підпірної стіни, вимивання ґрунту, утворення порожнин під підшовою;

- вертикальна тріщина відриву з внутрішнього боку у куті з'єднання (жорстке) вертикальних стінок ПС-1 і ПС-2 на ширину стінки, внаслідок дії активного тиску ґрунту;

- деформації (зсув) нижньої підпірної стіни внаслідок активного бокового тиску ґрунту спричиненого вагою ПС-1 й масивом ґрунту, що він утримує та навантаженням на його поверхні. Деформації нижньої підпірної стіни викликають зміщення (здимання) бруківки мощення двору.

Встановлено, що ґрунт зворотньої засипки підпірної стіни перезволожений за рахунок проникнення дощових і талих вод, характерною ознакою чого є просідання бруківки мощення та наявність нашарувань зеленого кольору у дренажних отворах по довжині підпірної стіни.



Рис. 2. Тріщина на висоту стінки ПС-1 та зміщення у верхній її частині



Рис. 3. Наскрізна вертикальна тріщина у стінці ПС-1 шириною розкриття 100 мм

Важкий бетон залізобетонних конструкцій підпірної стіни, визначений за допомогою приладу ОНИКС-2.5, відповідає класу С20/25. Для конструкцій підпірної стіни, за допомогою приладу ПОИСК-2.5, визначили параметри та характеристики їх армування, які загалом відповідають наданій Замовником проєктній документації.

Статичний та конструктивний розрахунки підпірної стіни виконується за допомогою ПК «Ліра-Сапр» від наступних навантажень [5]:

- власна вага підпірної стіни;
- бічний тиск ґрунту (розподіляється по трикутній епюрі величиною $g_1 = 59,21$ кН/м з найбільшим значенням біля підшви стіни на глибині 5,3 м);
- тиск від автомобілів (є рівномірно розподіленим навантаженням з величиною $g_2 = 45,9$ кН/м перпендикулярно до стіни);
- власна вага ґрунту (є рівномірно розподіленим навантаженням з величиною $g_3 = 100,7$ кН/м і діє на задній виступ горизонтальної плити).

Розрахунком встановлено, що несуча здатність підпірної стіни на сприйняття фактичних навантажень та зусиль після підсилення стіни (влаштування ребер) – забезпечена з коефіцієнтом використання 0,93. Стійкість підпірної стіни проти площинного зсуву не забезпечена, необхідно передбачити заходи зі стабілізації її положення.

Висновки та рекомендації. За результатами технічного обстеження підпірної стіни будівництва житлових будинків надали висновки:

1. Технічний стан залізобетонної монолітної підпірної стіни на час обстеження, згідно ДСТУ 9273:2024 – не придатний до нормальної експлуатації (категорія 3). Для забезпечення надійної та безпечної експлуатації споруди необхідно провести роботи зі стабілізації її положення.

2. Причиною утворення наскрізних вертикальних тріщин та деформацій по довжині підпірної стіни є збільшення навантажень (активного бокового тиску ґрунту) зі сторони зворотньої засипки за рахунок зволоження ґрунту атмосферними опадами та відсутність ґрунту зовнішньої засипки

(недотримання мінімальної глибини закладання), що викликають зсув підпірної стіни.

На основі виконаних перевірочних розрахунків та проведеного проєктування [6] надали рекомендації по стабілізації положення підпірної стіни для замовника.

Рекомендується влаштування буронабивних паль та монолітних залізобетонних ребер (контрфорсів) з зовнішньої сторони підпірної стіни ПС-1 на всю її висоту (див. рис. 4). Палі діаметром 400...420 мм і довжиною заглиблення в ґрунті 8500 мм (від верху горизонтальної плити) влаштувати з кроком 1000...2300 мм. Ширина ребер, розміщених з кроком 3100...4600 мм, становить 500 мм.

Влаштування буронабивних паль здійснювати згідно з технологією виконання робіт за ДСТУ 9239:2023 та ДСТУ Б EN 1536:2015. В місці влаштування паль вибити бетон горизонтальної плити підпірної стінки на ділянці 1000 мм та на всю її ширину (рис. 4). Оголену арматуру сіток плити розрізати із подальшим загином стержнів вгору для можливості буріння. Пробурити свердловини на проєктну довжину з обов'язковим ущільненням дна свердловин, із метою запобігання розпушення ґрунту основи паль. В свердловини влаштувати в'язані арматурні каркаси паль. Палі армуються вісьмома стержнями поздовжньої арматури діаметром 16 мм класу А500С, поперечна арматура (хомути) – Ø8 А240С розміщена з кроком 200 мм. Важкий бетон класу С20/25 укладати з ущільненням в тіло паль через направляючу трубу, щоб висота падіння суміші не перевищувала 300 мм. Подальші роботи виконувати після твердіння бетону паль протягом 7 діб.

Влаштувати в'язані арматурні каркаси К-1 ребер підсилення (контрфорсів) підпірної стіни (рис. 4). Випуски арматури буронабивних паль підігнути для забезпечення стикування із стержнями каркасів ребер. Загнуті кінці сіток горизонтальної плити підпірної стіни розігнути та зварити між собою (дозволяється влаштовувати напускові додаткові стержні). Ребра армуються чотирма стержнями поздовжньої арматури діаметром 20 мм класу А500С та чотирма стержнями діаметром 18 мм А500С, поперечна арматура – Ø10 А240С розміщена в каркасі з кроком 800 мм. Для запобігання відриву ребер від вертикальної плити підпірної стіни та забезпечення сумісної їх роботи необхідно забезпечити надійне анкерування каркасів К-1 зі стінкою. Пропонується метод вклеювання стержнів Ø12 А500С в отвір діаметром 16 мм на глибину 220 мм (клеювий хімічний анкер НІТ-НУ 170). Вклеювальні стержні розмістити з кроком 800 мм по висоті стінки та приварити до арматурних каркасів К-1. Змонтувати опалубку, важкий бетон класу С20/25 укладати в горизонтальну плиту та ребро підпірної стіни безперервно з ущільненням. Роботи з розопалублювання проводити на 7 добу після бетонування.

Крім вказаних робіт по влаштуванню буронабивних паль рекомендується здійснити ремонтні роботи та заходи з підсилення [6].

Типова схема влаштування
підсилення підпірної стінки ПС-1

Бурова паля П-1

Каркас К-1

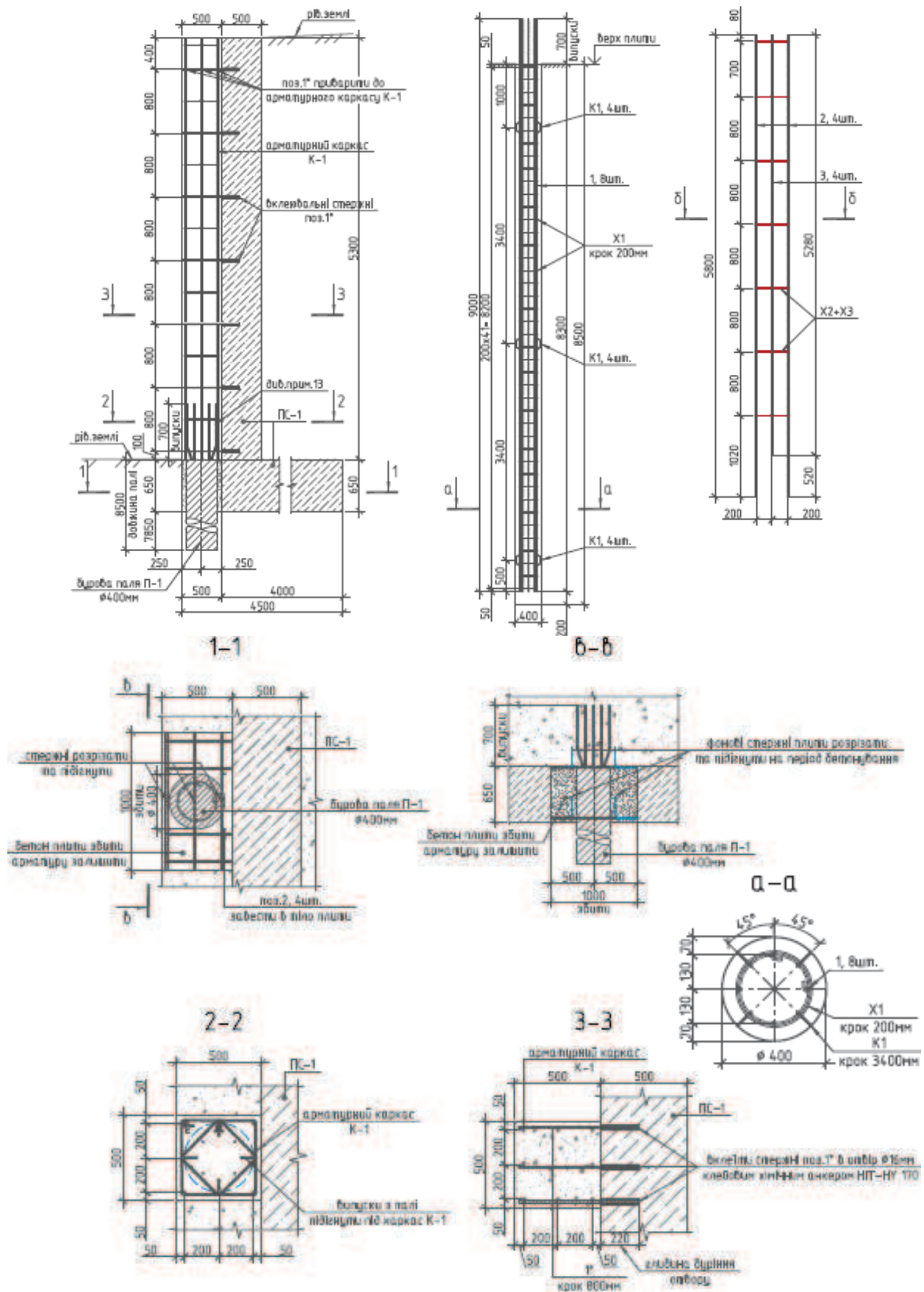


Рис. 4. Влаштування підсилення підпірної стіни

На ділянках зовнішньої поверхні вертикальної плити підпірної стіни з поверхневими дефектами бетону та пошкодженнями рекомендується здійснити ремонтні роботи, а саме: поверхні очистити від зруйнованих часток бетону, продуктів корозії бетону і арматури, бруду і оштукатурити цементно-піщаним розчином (розчином на клейкій основі) марки не нижче М100.

Підсилити вертикальну плиту підпірної стіни ПС-2 в місці розповсюдження вертикальної наскрізної тріщини двосторонніми сталевими накладками із прокатних профілів (швелерів), з кроком елементів підсилення не більше 500 мм. Накладки з'єднати стяжними болтами.

У червні-серпні 2025 р. наведені рекомендації звіту з технічного обстеження споруди були реалізовані на об'єкті будівництва (рис. 5, 6).



Рис. 5. Підготовчі роботи з влаштування буронабивних паль підпірної стіни



Рис. 6. Влаштування буронабивних паль підпірної стіни

1 ДСТУ 9273:2024 Національний стандарт України. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2024. – 74 с.

DSTU 9273:2024 Natsionalnyi standart Ukrainy. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikhnoho tekhnichnoho stanu. Mekhanichniy opir ta stiikist. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2024. – 74 s.

2. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 31 с.

DBN V.1.2-6:2021 Osnovni vymohy do budivel i sporud. Mekhanichniy opir ta stiikist. – Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2022. – 31 s.

3. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та безпеки будівель і споруд. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 30 с.

DBN V.1.2-14:2018 Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivel i sporud. – Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2018. – 30 s.

4. ДБН В.1.2-9:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації. – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 13 с.

DBN V.1.2-9:2021. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Bezpeka i dostupnist pid chas ekspluatatsii. – Kyiv: Ministerstvo rozvytku hromad ta terytorii Ukrainy, 2022. – 13 s.

5. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 75 с.

DBN V.1.2-2:2006 Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia. – Kyiv: Minbud Ukrainy, 2006. – 75 s.

6. ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 68с.

DSTU B V.3.1-2:2016 Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhuvalnykh budivelnykh konstruktsii ta osnov budivel i sporud. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017. – 68s.